Världarnas utveckling

Förord till den elektroniska utgåvan

Under arbete...

FÖRETAL.

Då jag för omkring sex år sedan var sysselsatt med utarbetandet af min »Lehrbuch der kosmischen Physik», kunde jag ej undgå att känna de stora svårigheter, som vidlådde förklaringen enligt dittills rådande åsikter af ett stort antal fenomen, särskildt dem som stodo i sammanhang med kosmogoniska spörsmål. Jag fann att det dittills försummade strålningstrycket med framgång kunde användas för förstående af en stor del af dessa förut svårtydda företeelser. Jag använde därför också denna förut förbisedda naturkraft i mycket vidsträckt grad vid behandlingen af nämnda företeelser i sagda lärobok.

Oaktadt de af mig försökta utredningarna vid deras första framträdande, såsom ju naturligt är, alls icke kunde göra anspråk på att blifva oförändrade i alla detaljer, mottogos de likväl af den vetenskapliga världen med ovanligt stort intresse och välvilja. Detta uppmuntrade mig att alltjämt söka efter förklaring öfver de mest framskjutna af de talrika gåtor som öfverallt möta på detta område. Jag har på detta sätt infogat några nya delar i det system af utläggningar angående världssystemens utveckling, som jag grundlagt först i en afhandling inlämnad till vetenskapsakademien i Stockholm 1900, strax därefter aftryckt i Physikalische Zeitschrift, och sedan vidare utbildat i Lehrbuch der kosmischen Physik.

Det säges ju, och icke utan berättigande, att vetenskapliga åsikter först böra debatteras inom fack-kretsar och där vinna erkännande, innan de framläggas inför en större

publik. Det kan ej förnekas att största delen af de hugskott, som offentliggöras angående kosmogoniska frågor, aldrig skulle kommit i beröring med tryckpressen, om ofvannämnda betingelser iakttagits, äfvensom att det arbete som blifvit nedlagdt på deras tryckning bättre kunnat användas. De sex år, som förflutit sedan mina första försök i denna riktning delgåfvos den vetenskapliga världen, och det välvilliga mottagande som desamma rönt, äfvensom de rikliga tillfällen jag under denna tid haft att granska och förbättra mina utläggningar, anser jag vara mera än tillräckliga för att tillåta mig framlägga mina åsikter inför en större allmänhet.

I själfva verket har problemet angående världsutvecklingen alltid utgjort föremål för den tänkande allmänhetens synnerliga intresse. Och utan tvifvel kommer det att bibehålla den kanske främsta platsen bland alla frågor, som ej beröra direkt praktiska spörsmål. Den lösning, som hvarje tid gifvit detta älsklingsproblem, utgör en trogen bild af tidens tänkesätt på naturvetenskapligt område. I detta afseende har jag den lifliga förhoppning, att nedan gifna framställning skall till fullo motsvara den storartade utveckling, som fysiken och kemien nått vid sista sekelskiftet.

Före upptäckten af energiens oförstörbarhet omfattade de kosmogoniska spörsmålen endast frågan om, huru materien blifvit samlad på det sätt att de nu förefintliga himlakropparna däraf framgått. De främsta tankarna på detta område innehållas i Herschels åsikt om nebulosornas utveckling och Kant-Laplaces hypotes om solsystemens bildning ur världstöcken. Den förstnämnda åsikten synes alltmer bestyrkas af iakttagelsen. Däremot lider den Kant-Laplaceska hypotesen af så stora svårigheter, att man sett sig nödsakad att öfvergifva den, oaktadt den en lång tid ansetts såsom blomman af den kosmogoniska spekulationen. Att såsom Kant försöka bilda sig ett begrepp om, huru högeligen regelbundna sy-

system af himlakroppar kunnat uppstå ur ett absolut oordnadt kaos är att sträfva efter lösningen af ett på grund af dess formulering fullkomligt olösligt problem. För öfrigt ligger det en motsägelse i alla försök att förklara världens uppkomst i dess helhet, såsom Stallo Stallo: Concepts and theories of modern physics. 4 uppl. s. 276 London 1900. med synnerlig styrka framhållit. »Den enda fråga, till hvilken en serie företeelser kan med rätta leda, angår dessa företeelsers beroende på och sammanhang med hvarandra.» I följd häraf har jag endast sökt visa, huru nebulosor kunna uppstå ur solar, och omvändt, hur solar uppstå ur nebulosor, och jag har antagit, att denna växelverkan ständigt pågått just såsom nu.

De kosmogoniska problemen försvårades i hög grad genom upptäckten af energiens oförstörbarhet. Mayers och Helmholtz' hypoteser om sättet för täckande af solens värmeförluster ha måst uppgifvas såsom otillräckliga och ha ersatts med en annan, grundad på de kemiska förhållandena i solens inre, belysta med den mekaniska värmeteoriens andra hufvudsats. En ännu större svårighet syntes resa sig därigenom att läran om energiens ständiga »försämring» leder till den slutsatsen, att världen allt mer närmar sig hvad Clausius kallar »värmedöden», då all energi skall förefinnas jämnt fördelad i universum i form af rörelse hos kropparnas minsta smådelar. Äfven ur denna svårighet, som leder till ett för oss fullkomligt obegripligt slut på världsutvecklingen, har jag sökt en utväg, som går ut därpå, att energien »försämras» hos kroppar som befinna sig på sol-stadiet, däremot »förbättras» hos sådana, som tillhöra nebulosastadiet.

Slutligen har ännu en kosmogonisk fråga under den sista tiden blifvit mera aktuell än den förr var. Man trodde nämligen förr allmänt, att lif kan uppkomma ur oorganisk materia genom en process, kallad »själfalstring».

Men liksom drömmen om själfalstring af energi — »perpetuum mobile» — numera fullkomligt fått vika för erfarenhetens negativa resultat i denna riktning, så är det sannolikt, att den stora erfarenhet, som häntyder på själfalstrings af lif orealiserbarhet, slutligen leder oss attantaga att den är alldeles omöjlig. För att förstå möjligheten af lifs uppträdande på planeterna, måste man då taga sin tillflykt till läran om Panspermien, hvilken jag gifvit en mot vetenskapens nuvarande utveckling svarande form genom att kombinera densamma med läran om strålningstrycket.

Det ledande motivet vid föreliggande bearbetning af de kosmogoniska spörsmålen har varit den åsikten, att världen på det hela taget ständigt varit likartad med hvad den nu är. Materien, energien och lifvet ha endast växlat form och plats i rymden.

En del af de slutsatser, till hvilka jag här kommit, har förut lämnats i populär form såsom föreläsningar i Kristiania 1903, i Göteborg, Stockholm och Norrköping 1906. Det sista kapitlet utgjorde föremål för en föreläsning i Frankfurt 1903 och i Stockholm vid högskolans 25-års-fest 1904 och har varit tryckt i »Nordisk tidskrift» 1905. Det första kapitlet, en föreläsning i Göteborg 1906, hållen till förmån för svenskar, som lidit förluster genom jordbäfningen i Kalifornien den 18 April 1906, har förut varit offentliggjordt i »Ord och bild» 1906.

Jag vill också begagna tillfället att tacka förläggaren af detta arbete Herr Hugo Geber för att han, i tillit till den svenska allmänhetens vakna intresse för de behandlade frågorna, möjliggjort denna boks utkommande äfven i svensk dräkt och med gedigen utstyrsel, förr än den lämnas till öfversättning på främmande tungomål.

Stockholm i Augusti 1906.

Författaren.

I.

Vulkaniska företeelser och jordbäfningar. Jordens inre.

De svåra olyckor, som under den sista tiden (april 1906) träffat de blomstrande samhällena kring Vesuvius och i Kalifornien, ha åter riktat mänsklighetens uppmärksamhet på de våldsamma krafter, som uppenbara sig i form af vulkaniska utbrott och jordbäfningar.

De förluster af människolif, som registrerats i dessa två sista fall, äro likväl obetydliga i jämförelse med dem,

som åtföljt åtskilliga äldre katastrofer af dylik art. Det häftigaste utbrott af vulkanisk art i nyare tid är otvifvelaktigt det af den 26—27 augusti 1883, hvarvid två tredjedelar af den 33 kvadratkilometer stora ön Krakatoa i den ostindiska Arkipelagen sprängdes i luften. Oaktadt denna ö var obebodd, dödades omkring 40,000 människor vid detta tillfälle, hufvudsakligen genom den flodvåg, som följde på utbrottet och förorsakade härjande öfversvämningar i de omgifvande trakterna. Ännu gräsligare var förstörelsen genom den kalabriska jordbäfningen, som bestod af flera jordskalf, under februari och mars månader 1783. Därvid förstördes den betydande staden Messina den 5 februari, och antalet af förlorade människolif genom dessa jordskalf uppskattades till omkring 100,000. Samma trakter, särskildt Kalabrien, hemsöktes för öfrigt, den 8 sept. 1905 af förödande jordskalf. En annan jordbäfning, som nämnes af historien på grund af den stora förlusten af människolif, ej mindre än omkring 90,000, var den somden 1 november 1755 härjade Portugals hufvudstad. Två tredjedelar af dessa människolif ödelades genom en fem meter hög flodvåg, som störtade in från hafvet.

Den bäst studerade af alla vulkaner är utan tvifvel Vesuvius. Under Roms blomstringstid var detta berg al helt fredlig art, en, så långt historien mindes, utslocknad vulkankägla. Kring detsamma hade på den utomordentligt bördiga jordmånen grekiska kolonier af en sådan rikedom uppblomstrat, att trakten kallades Stora Grekland (Græcia magna). Då inträffade år 79 efter Kristus det förödande utbrott, hvarigenom bland andra städer Herculanum och Pompeji ödelades. De våldsamt utbrytande gasmassor, som då strömmade ut ur jordens inre, ryckte

Fig. 1. Vesuvius, sedd från ön Nisita under måttlig vulkanisk verksamhet.

bort en stor del af den gamla vulkankäglan, hvars återstod nu kallas Monte Somma, och de nedfallande stoftmassorna, blandade med utflytande lavaströmmar, byggde upp det nya Vesuvius. Detta har vid senare utbrott ofta betydligt ändrat sitt utseende och äfven i år fått en ny askkägla. Efter år 79 förekommo nya utbrott år 203, 472, 512, 685, 993, 1036, 1139, 1500, 1631 och 1660, alltså med ganska oregelbundna tidsintervall. Sedermera har Vesuvius varit i nästan oafbruten verksamhet, vanligen en alldeles ofarlig sådan, då endast rökmolnet öfver kratern angifvit, att den inre glöden alltjämt fortfarit (fig. 1). Mycket häftiga utbrott förekommo under denna tid år 1794, 1822, 1872 och 1906.Helt annorlunda än dessa häftigt verksamma vulkaner förhålla sig andra, som knappast förorsaka nämnvärd skada. En sådan är vulkanen Stromboli mellan Sicilien och Kalabrien. Denna är sedan årtusenden i ständig verksamhet, dess utbrott följa hvarandra med tidsmellanrum uppgående till mellan mindre än en minut och tjugo minuter. Dess eld tjänar som ett slags naturlig fyrbåk för de sjöfarande. Naturligtvis är äfven denna vulkans kraft olika vid olika tider, för närvarande säges den vara i ovanligt häftig verksamhet. Mycket lugnt aflöpa också utbrotten af de stora vulkanerna på Hawai.

Den viktigaste beståndsdelen bland de kroppar, som stötas ut ur vulkanerna, är vattenånga. Därför utgör molnet öfver vulkankratern det säkraste kännemärket på vulkanens verksamhet. Vid de häftiga utbrotten stötas dessa ångmassor högt upp i luften, såsom af närstående bilder synes, bortåt åtta kilometer. Vesuvius själf är Fig. 2. Vesuvii utbrott år 1794; efter en samtida handteckning. 1300 m. högt öfver hafsytan, och med ledning däraf kan man uppskatta molnets höjd. Omstående bild återger en teckning af Poulett Scrope,som föreställer Vesuvii utbrott år 1822. I detta fall synes vindstilla råda. Ångmassorna bilda då moln af en regelbunden form påminnande om utseendet af en pinie. Molnet öfver Vesuvius vid dess

4

brott år 79 beskrifves af Plinius såsom hafvande ägt detta utseende. Då luften ej är så stilla, antager molnet en mera oregelbunden form (fig. 4). Moln, som stiga upp till så stora höjder som de nämnda, utmärka sig genom häftiga elektriska laddningar. De kraftiga blixtarna, som på grund häraf skjuta ut ur det svarta molnet, bidraga mycket till att öka intrycket af det hemska skådespelet.

Fig. 3. Vesuvii utbrott år 1822 efter en samtida handteckning.

Regnet, som störtar ned ur detta moln, blandas ofta med aska och ser då ut som bläck. Askan, som har en mellan ljusgrått, gulgrått och brunt till nästan svart växlande färg, är endast ytterst små droppar af lava, som kastats ut af

de utströmmande gaserna och hastigt stelnat i luften. Större lavadroppar stelna till vulkanisk sand5

eller så kallade lapilli (d. v. s. stenar) och »bomber» hvilka ofta äro fårade och päronformade på grund af luftens motstånd. Dessa fasta produkter åstadkomma vanligen de största skadorna vid vulkaniska utbrott. Tyngden af de nedfallande massorna tryckte in taken på husen 1906. Ett 7 meter tjockt lager af aska inbäddade Pompeji i det skyddande täcke, som höljt detsamma till utgräfningarna i våra dagar. Därvid smög sig den fina askan och det regnblandade slammet tätt såsom en gips-

Fig. 4. Vesuvii utbrott år 1872 enligt fotografi.

form till de döda kroppar, som inhöljdes däri; de hårdnade sedermera såsom ett slags cement, och då sönderdelningsprodukterna af de döda kropparna spolats bort, kunde man med hjälp af cementformen erhålla de naturtrognaste afgjutningar af de förut däri inbäddade föremålen. På samma sätt bildas, där askan faller ned i hafvet, ett lager af vulkanisk tuff, i hvilken sjödjur och hafsalger inbäddas: af denna art är jorden i landskapet Campagna Felice vid Neapel. Större stenar genomdragna af otaliga gasblåsor, flyta kring på hafvet såsom pimpsten,6

de täras småningom sönder af hafsvågen till vulkanisk sand. Den kringdrifvande pimpstenen är stundom farlig eller hinderlig för skeppsfarten på grund af sin stora massa. Detta var exempelvis fallet vid Krakatoas utbrott 1883.

Utom vattenångan utstötas äfven andra gaser, i främsta rummet kolsyra, men äfven ångor af svafvel, svafvelväte, klorväte och salmiak samt mera sällan klorider af järn och koppar, borsyra med mera. En stor del af dessa kroppar utfälles rätt hastigt på vulkanväggarna vid vulkangasernas hastiga afkylning; en annan del af mera flyktiga beståndsdelar, såsom kolsyra, svafvelväte och klorväte, kan breda ut sig på större sträckningar och förgöra genom sin hetta och giftighet alla människo- och djurlif, som komma i gasströmmens väg. Detta var nu fallet vid den sorgliga förödelsen af St. Pierre, då 30,000 människolif spilldes genom Mont Pélées utbrott d. 8 maj år 1902. Äfven Plinius d. ä. dödades vid Vesuvii utbrott år 79 af kväfvande gaser. Man har i kratern Kilauea iakttagit utströmning af vätgas, hvilken emellertid vid utträdet ur lavan i luften förbränts till vatten.

Vulkanaskan kan stundom af luftströmmarna föras bort öfver stora sträckor, så från Sydamerikas västkust till Antillerna, från Island till Norge och Sverige, från Vesuvius (1906) till Holstein. Mest bekant i detta afseende är Krakatoas utbrott, hvarvid den fina askan slungades ända till 30 kilometers höjd och de finaste partiklarna småningom spriddes af vindarna till alla delar af jorden, där de under de närmaste två åren förorsakade de praktfulla soluppgångar eller solnedgångar, som fått namn af »röda skenet». Äfven efter Mont Pélées utbrott iakttog man i Europa det röda skenet. Stoftet från Krakatoa gaf också material till de 1883—1892 iakttagna så kallade »lysande nattmolnen», som under den sista tiden sväfvade på omkring 80 kilometers höjd och därför voro solbelysta långt efter solens nedgång.7

Ett synnerligt stort intresse har kratern Kilauea på den höga vulkanen Mauna-Loa på Hawai — denna vulkan är ungefär så hög som Mont Blanc — ådragit sig. Denna krater bildar en stor lavasjö af omkring 12 kvadratkilometers utsträckning — den växlar emellertid betydligt med tiden. Den kokande, rödheta lavamassan afger under lätta explosioner ständigt gasmassor, hvarvid eldfon-

Fig. 5. Vesuvii utbrott år 1906 enl. fotografi; hufvudsakligen åskmoln.

täner af omkring 20 meters höjd spruta upp i luften. Stundom utgjuter sig lavasjön genom sprickor i kraterns kant och flyter ut i form af en lavaström längs efter bergets sida, intill dess lavasjöns yta sjunkit under sprickorna. Denna lava är vanligen at jämförelsevis lättflytande beskaffenhet och breder därför ut sig tämligen jämnt öfver stora ytor. Af liknande art äro de lavaflöden, som8

stundom gjutits öfver tusentals kvadratkilometer på Island

— särskildt storartadt var det så kallade Laki-utbrottet år 1783, som, oaktadt det ägde rum i obygden, likväl förorsakade ganska stor skada. I äldre geologiska perioder, särskildt den tertiära, ha oerhördt stora lavatäcken af

sådan art gjutit sig ut exempelvis öfver England och Skottland (öfver 100,000 kv. km.), öfver Dekkan i Indien (400,000 kv. km., till en höjd af stundom 2,000 m.) och öfver Wyoming, Yellowstone Park, Nevada, Utah, Oregon och andra delar af Nordamerikas Förenta stater samt British Columbia.

I andra fall innehåller den långsamt framflytande lavan massor af gaser, som vid lavans stelnande gå bort och spränga sönder densamma i skrofliga block, då den bildar så kallad blocklava (fig. 6). Äfven lavaströmmarna åstadkomma ofantlig förödelse, då de tränga ned till odlade trakter, men på grund af sin långsamma rörelse förorsaka de endast ringa förlust af människolif.

Då den vulkaniska verksamheten småningom minskas och upphör, stanna vanligen spår af densamma kvar uti de utströmningar af varmt vatten och gaser, som på många trakter observeras, där under tertiärtiden mäktiga vulkaner utstötte sina lavaströmmar. Hit höra de berömda gejsrarna på Island, i Yellowstone Park och på Nya Zeeland, de i medicinskt afseende högt skattade varma källorna i Böhmen (t. ex. Karlsbadersprudeln), de vattenånga utkastande fumarolerna i Italien, Grekland och andra länder, mofetterna med deras kolsyre-utströmningar

— sådana förekomma ymnigt i det så kallade Eifel-området nära Rhen, i hundgrottan vid Neapel och i dödsdalen på Java — solfatarerna, som afgifva svafvelångor, vätesvafla och svavelsyrlighet — sådana finnas vid Neapel på de phlegreiska fälten och i Grekland —, samt en del af de så kallade slamvulkanerna, hvilka stöta ut slam, saltvatten och gaser, vanligen kolsyra och kolväten, till exempel de vid Parma och Modena i Italien samt vid Kronstadt i Siebenburgen befintliga.9

De slocknade vulkanerna, bland hvilka några höra till jordens högsta berg, såsom Aconcagua i Syd-Amerika (6,970 m.) och Kilimandjaro i Afrika (6,010 m.), lida ofta en snabb förstöring genom regnets inflytande, emedan de till stor del äro uppbyggda af löst material, vulkanisk aska, mellanlagrad med lavaströmmar. Dessa, som ha en radial utsträckning, skydda underliggande delar från

Fig. 6. Blocklava å Mauna Loa.

att föras bort af vatten, och man får på detta sätt vid lavaströmmarnas kanter formliga skärningar genom den gamla vulkanen och äfven nedanför liggande sedimentära jordaflagringar. Ett intressant exempel på sådant förhållande visar den gamla vulkanen Monte Venda vid Padua. Man kan där iakttaga, huru den varma lavan, där den utgjutit sig öfver sedimentära kalkstenar, förvandlat

dessa till marmor till ett djup af omkring 1 meter. Stundom äro äfven kalkstenar, liggande öfver de gamla lavatäckena, på detta sätt omvandlade, hvilket visar, att lavan ej blott flödat öfver kraterns rand utan äfven från sidan trängt in i springor mellan två olika skikt i kalkstenen. Sådana massformade underjordiska utgjutningar förekomma i de så kallade lakkoliterna i Utah. I dessa ha de öfverliggande lagren pressats upp af den påträngande lavamassan, som emellertid har stelnat innan den hunnit upp till jordytan och kommit att bilda en vulkan. Af likartadt ursprung äro en hel del graniter, s. k. batholiter, hvilka ymnigt förekomma i Norge, Java, Skottland o. s. v.

Stundom står endast en kärna af stelnad lava kvar af hela det eldsprutande berget. Dessa kärnor, som ursprungligen fyllt kraterröret, äro mycket vanliga i Skottland och Norra Amerika, där de kallas »Necks». I Coloradoplatån ha flera floder nedskurit så kallade Canons med nästan vertikala väggar. En teckning af Dutton visar en sådan öfver 800 m. hög vägg, i hvilken fyra lavafyllda sprickor trängt upp till ytan (fig. 8). Öfver den ena finnes ännu en liten vulkanisk askkägla, medan de, som sannolikt afslutat de tre andra springorna, äro bortspolade, så att gångarna sluta med små »necks». Tydligen har lättsmält lava — den som innehåller mycket magnesia och järnoxid är mera lättflytande än den som innehåller mycket kiselsyra, fluiditeten ökas för öfrigt genom närvaro af vatten — plötsligen trängt in i de förut befintliga sprickorna och nått ända fram till jordytan, innan den stelnat. Man måste antaga, att den drifvande kraf-

Fig. 7. U.S. A.

Mato Tepee i Wyoming, En typisk vulkanisk »neck»

ten har varit ganska betydande för att den nödvändiga utströmningshastigheten skall ha blifvit uppnådd.

Då Krakatoa år 1883 sprängdes i luften, stannade hälften af dess vulkan kvar på platsen. Denna visar mycket tydligt genomskärningen af en askkägla, som ännu lidit mycket ringa inverkan af vattnets förstörelsearbete. Man ser här i midten den ljusa lavaproppen i vulkanröret, och från denna utgå ljusare lavabäddar, mellan hvilka mörkare asklager synas.

För öfrigt har man iakttagit en påfallande regelbundenhet i afseende på vulkanernas fördelning på jordytan.

Fig. 8. Lavafyllda sprickor med en vulkanisk askkägla på Torowheap-canon, Coloradoplatån. Skematisk bild.

Nästan alla vulkaner ligga i närheten af hafvet, några vulkaner finnas visserligen i Ost-Afrika, men de ligga i stället nära de stora sjöarna vid ekvatorn. Några vulkaner, som angifvits såsom belägna i Centralasien, äro tvifvelaktiga. Emellertid saknas vulkaner vid många hafskusten såsom vid Australiens kust och vid Norra Ishafvets långa kustlinjer norr om Asien, Europa och Amerika: Endast där stora sprickor i jordskorpan förefinnas längs hafskusterna, förekomma vulkaner. Där dylika sprickor i skorpan förekomma, men haf (eller mycket stora insjöar) ej finnas i närheten, exempelvis i Österrikes alptrakter,12

förekomma ej heller vulkaner, dessa trakter äro däremot kända för sina jordbäfningar.

Redan tidigt har den föreställningen gjort sig gällande, att jordens smälta inre massa genom vulkanerna tränger fram till jordytan. Man har försökt att uppskatta djupet af vulkanhärdarna och kommit till ganska olikartade resultat. Så t. ex. har man för vulkanhärden under den vulkan, Monte Nuovo, som år 1538 uppkastades på de phlegreiska fälten vid Neapel, beräknat ett djup af mellan 1,3 och 60 kilometer, för Krakatoa har man funnit mer än 50 kilometer, o. s. v. Alla dessa beräkningar synas tämligen betydelselösa, då vulkanerna sannolikt ligga öfver veck på jordskorpan, i hvilka den flytande massan (magman) i jordens inre kilformigt tränger in, så att man troligen har svårt att ange hvar magmahärden slutar och vulkanröret börjar. Vid Kilauea har man ovillkorligen det intrycket, att man står framför en öppning i jordskorpan, genom hvilken jordens smälta massa direkt träder i dagen (fig. 9).

Angående jordskorpan vet man genom iakttagelser i borrhål i skilda världsdelar, att temperaturen mot djupet stiger ganska hastigt — i medeltal med ungefär 30 grader för hvarje kilometer; de djupaste borrhål äro för öfrigt ej fullt 2 kilometer djupa (Paruchowitz i Schlesien 1,96, Schladebach vid Merseburg 1,72 km.). Stiger nu temperaturen med 30C pr kilometer, så måste på ett djup af 40 kilometer en temperatur vara uppnådd, vid hvilken alla vanligare bergarter skulle smälta. Nu stiger visserligen smältpunkten med trycket, men betydelsen af denna omständighet har förr mycket öfverdrifvits, då man trodde att möjligen på denna grund jordens inre skulle kunna vara fast. Såsom Tammann visat genom direkta försök, är det sannolikt, att smälttemperaturen stiger endast till ett visst tryck, för att sedermera, vid ytterligare stegring af trycket, åter sjunka. Det nyss beräknade värdet kommer därför att något höjas, men om man antager, att andra bergarter förhålla sig såsom diabas enligt Barus,

d. v. s. att deras smältpunkt stiger 1°C. för 40 atmosfärers tryck, motsv. 155 m. djup, så finner man, att den fasta jordskorpan ej har större tjocklek än mellan 50 och 60 kilometer. På större djup vidtager således den smälta massan. På grund af kiselsyrans större lätthet kommer denna att koncentreras i smältans högre skikt, medan de mera järnoxidhaltiga, de s. k. basiska, delarna af magman på grund af sin tyngd företrädesvis samla sig i dess djupare delar. Denna magma hafva vi att föreställa oss

Fig. 9. Kilaueas krater, Hawai.

såsom en ytterst trögflytande vätska, liknande asfalt. Genom Days och Alléns undersökningar har det visat sig, att i ändarna stödda stafvar (30x2x1 m. m.) af åtskilliga mineral, sådana som fältspaterna mikroklin och albit, kunnat bibehålla sin form under tre timmar, utan att märkbart böjas, oaktadt deras temperatur legat omkring 100°C öfver smältpunkten och de vid uttagningen ur ugnen varit fullkomligt smälta eller rättare förglasade. Dessa silikat förhålla sig helt annorlunda än de substan-'4

ser, med hvilka vi äro vana att arbeta, såsom vatten och kvicksilfver.

Den omrörning och diffusion, som förekommer i magman, särskildt dess mycket trögflytande, ofvantill belägna, sura, partier, är således ytterst ringa, så att magman, likasom albiten vid Days och Alléns försök, skenbart förhåller sig såsom en fast kropp. Magman under nära hvarandra belägna vulkaner såsom Etna, Vesuvius och Pantellaria kan därför, såsom erfarenheten angående deras lava visar, ha ganska olika sammansättning, utan att man därför med Stübel behöfver antaga, att dessa tre vulkanhärdar äro fullkomligt isolerade från hvarandra.

Lavan i Vesuvius har befunnits äga en temperatur af 1000 à 1100°C. vid lavaströmmens nedre ände. Ur förekomsten i lavan af vissa kristaller, såsom af leucit och olivin, hvilka man af vissa skäl antar ha bildats före lavans utträde ur kratern, sluter man till, att dennas temperatur, innan den lämnade vulkanröret, ej kan hafva varit högre än omkring 1400°C

Det vore emellertid orätt att ur lavans i Vesuvius temperatur draga den slutsatsen, att vulkanhärden ligger på ett djup af inemot 50 kilometer. Dess djup är sannolikt mycket mindre, kanske ej ens 10 kilometer, emedan här, liksom öfverallt där vulkaner förekomma, jordskorpan är starkt veckad, så att magman på vissa ställen, där just vulkanerna böra förekomma, kommer mycket närmare jordytan än under normala förhållanden.

Vattnets betydelse för vulkanernas bildning beror sannolikt därpå, att detsamma i närheten af sprickor under hafsbottnen tränger ned mot djupet. Då det når ett skikt, hvars temperatur är 365° (vattnets s. k. kritiska temperatur), kan det ej längre förefinnas i flytande tillstånd. Detta hindrar emellertid ej, att det tränger vidare ned i djupet, fastän förgasadt. Då det når magman, absorberas det af denna i hög grad. Detta beror därpå, att vatten vid temperaturer af öfver 300 grader är

en starkare syra än kiselsyra, som därför af vattnet uttränges ur dess föreningar, silikaten, som utgöra huvudbeståndsdelen af magman. Ju högre temperaturen är, desto större blir magmans förmåga att uppsupa vatten. Genom detta upptagande af vatten sväller magman och blir samtidigt mera lättflytande. Magman pressas därför ut under utöfvande af ett tryck, som fullkomligt motsvarar det osmotiska trycket vid inträngande af vatten i en lösning, exempelvis af socker eller salt. Detta tryck kan blifva så starkt, att det uppgår till tusentals atmosfärer. Af detta tryck kan magman lyftas upp genom vulkanrören, äfven om dessas höjd skulle stiga till bortåt 6000 meter öfver hafvet. Då magman nu stiger upp i vulkanröret, afkyles den småningom, dess förmåga att hålla vatten absorberadt minskas med temperaturen. Vattnet bortgår därför under häftiga kokningsfenomen och rycker med sig droppar eller större massor af lava, som faller ned såsom aska och pimpsten. Äfven sedan lavan flutit ut ur kratern, afkyles den långsamt och afger allt mera vatten, som söndersliter detsamma under bildande af blocklava. Står däremot lavan jämförelsevis stilla i vulkankratern, såsom i Kilauea, afgår vattnet långsammare, och till följd af de öfversta lavalagrens långa beröring med luften hålla de jämförelsevis litet vatten — detta är så att säga utluftadt —, och deras lavaströmmar bilda därför vid stelnandet mera jämna ytor.

I åtskilliga fall har man (Stübel och Branco) påvisat vulkaner, som äro oberoende af brottsprickor i jordskorpan. Detta är exempelvis fallet med några vulkaner från äldre (tertiära) tider i Schwaben. Man kan väl tänka sig, att trycket på grund af magmans svällning blir så stort, att det förmår genombryta jordskorpan, där denna är tunn, äfven om ingen spricka där förut förefinnes.

Fortsätta vi nu undersökningen af magman på större djup, så finnes ingen anledning att antaga, att ej temperaturen fortfarande stiger mot jordens inre. På ett djup[6

af 300 a 400 kilometer bör temperaturen slutligen bli så hög (omkring 10,000°C.), att intet ämne där förmår att bestå annat än i gasform. Innanför detta skikt bör således jordens inre vara gasformigt. På grund af våra undersökningar angående gasernas förhållande vid höga temperaturer och tryck ledas vi att antaga, att gaserna i jordens innersta förhålla sig ungefär såsom en ytterst trögflytande magma; i vissa afseenden kunna de snarast jämföras med fasta kroppar. Särskildt är deras sammantryck-barhet ytterst ringa. Man skulle kunna tro, att det vore nära nog omöjligt att få någon som helst kunskap om dessa lagers förhållande; genom jordbäfningarna få vi emellertid någon kännedom därom. Dessa lager utgöra den ojämförligt största delen af jordmassan och måste ha

en betydande specifik vikt, då jordens specifika vikt i medeltal är 5,52 och de yttre lagren, såsom världshafvet och de af oss kända jordmassorna, ha lägre specifik vikt (de vanliga bergarterna ha specifika vikter mellan 2,5 och 3). Man har därför antagit, att jordens innersta delar äro metalliska, särskildt har Wiechert förfäktat denna åsikt. Sannolikt utgör järn hufvudmassan i denna jordgas. Därför talar den omständigheten, att järn, såsom Spektralanalysen lär oss, utgör en synnerligen viktig beståndsdel af solen, att vidare järn utgör hufvudmassan af de metallrika delarna i meteoriter, och slutligen tyder jordmagnetismen därpå, att järn i stora mängder förefinnes i jordens inre. Man har också anledning att tro de i naturen förekommande järnen, t. ex. det bekanta järnet från Ovifak i Grönland, vara af vulkaniskt ursprung. De i jordens gasformiga inre förekommande ämnena förhålla sig på grund af sin täthet i kemiskt och fysikaliskt afseende ungefär såsom vätskor. Då metaller sådana som järn säkerligen äfven vid mycket höga temperaturer hafva vida högre specifik vikt än deras oxider och dessa högre än deras silikat, så måste vi antaga att gaserna i jordens allra innersta nästan uteslutande bestå af metaller, de

yttre delarna däremot hufvudsakligen innehålla oxider och de yttersta mest silikat.

Beträffande den längst ut liggande smälta magman är det sannolikt, att den ofta, då den tränger in i högre lager i form af batholiter, till följd af afkylningen delas i två delar, hvaraf den ena är lättare och gasformig och innehåller vatten och däri lösliga beståndsdelar, medan den andra, den tyngre, till sin hufvudmassa består af silikat med ringa halt af vatten. Den lättrörliga, vattenrika delen afsöndrar sig i de högre skikten, och tränger in i kringliggande sedimentära lager, särskildt i deras sprickor, och fyller dem med stora kristaller, ofta af metallurgiskt värde, såsom tenn-, koppar- och andra malmer, medan vattnet sakta dunstar bort genom de ofvanliggande delarna. Den trögflytande silikatmassan stelnar däremot, till följd af sin ringa fluiditet, till glas eller, om afkylningen sker långsamt, i små kristaller.

Vi återgå nu till jordbäfningarna. Intet land är fullkomligt förskönadt för jordbäfningar. I vårt land och grannländerna, särskildt norra Ryssland, förekomma de emellertid endast i mycket ofarliga former. Detta beror därpå, att jordskorpan här legat orubbad genom långa geologiska tidrymder och ej bräckts sönder i några sprickor. Den jämförelsevis starka jordbäfning, som den 23 okt. 1904 skakade vårt land, särskildt dess västkust, i ovanligt häftig grad, dock utan att orsaka nämnvärd skada, några skorstenar skakades ned, härrörde från en for våra nordiska förhållanden jämförelsevis betydande skrynkla i jordskorpan ute i Skagerack, en fortsättning af det djupaste vecket på Nordsjöns botten, den så kallade norska rännan, som går fram utanför Norges kust. Äfven andra starkare jordskalf, som observerats i vårt land, t. ex. de af den 22 dec. 1759 och den 13 april 1851 synas ha utgått från samma trakt, I Europa träffas Italien och Balkanhalfön samt de österrikiska så kallade karstländerna jämförelsevis ofta af jordskalf.

2

Enligt en af British Association tillsatt kommitté för undersökning af jordbäfningar, hvilken mycket väsentligt bidragit till kännedomen af dessa viktiga naturfenomen, härröra de som äro af någon betydelse från bestämda centra, som äro angifna på vidstående karta (fig. 10). Af dessa äro de viktigaste det, som omfattar bortre Indien, Sundaöarna, Nya Guinea och Norra Australien, på kartan betecknadt med F. Från detta område ha under sexårsperioden 1899—1904 utgått ej mindre än 249 jordskalf, som iakttagits på långt aflägsna observationsorter. Det nämnda jordbäfningscentret hänger nära tillsammans med det japanska med E betecknade, som gifvit upphof till 189 jordskalf. Därnäst kommer det vidsträckta distriktet K, omfattande de viktigaste veckningarna i den gamla världens jordskorpa med bergskedjor från Alperna till Himalaya, med 174 jordbäfningar. Detta distrikt är intressant, emedan det företer en stor mängd jordbäfningar, oaktadt det nästan helt och hållet ligger på landområde. Närmast efter detta komma områdena A, B och C med 125, 98 och 95 jordskalf. De ligga vid de stora brottytorna i jordskorpan längs Amerikas Stilla Hafskust och i Karaibiska hafvet. Detsamma gäller om distriktet D med 68 jordskalf. De tre sistnämnda B, C och D, likasom distriktet G mellan Madagaskar och Indien med 85 jordskalf, öfverträffas likväl skenbart af distriktet H i östra Atlanten med dess 107 jordskalf. Dessa sistnämnda äro nämligen jämförelsevis svaga, och deras noggranna upptecknande beror sannolikt på, att en stor mängd jordbäfningsobservatorier ligga i detta distrikts närmaste omgifning. Detsamma är fallet med de mycket

få jordskalfven från distrikten I utanför New Foundland och J mellan Island och Spetsbergen med resp. 31 och 19 jordskalf. Sist på listan kommer distriktet L kring sydpolen med 8 jordskalf. Detta ringa antal är nog beroende på bristen på observationsorter i dessa trakter. Till dessa har slutligen kommit ett nytt distrikt M, som sträcker sig åt SSW

från Nya Zeeland. Från detta distrikt härstamma ej mindre än 75 starka jordskalf, som registrerats af Discoveryexpeditionen (70°S. Br., 178 Ö. L.) under tiden 14 Mars till 23 Nov. 1903.

Jordbäfningarna förekomma vanligen i så kallade svärmar. Så räknade man i Mars 1868 mer än 2000 jordstötar på Hawai. Vid de jordskalf, som 1870—73 härjade landskapet Phokis i Grekland, iakttogos stundom jordstötar, som följde på hvarandra med mellantider af tre sekunder, under långa tider. Under jordbäfningstiden, som

Fig. 10. Karta utvisande läget af de viktigaste jordbäfningscentra enligt British Associations undersökning.

omfattade 3 1/2 år, beräknas omkring en half million jordstötar och en fjärdedels million underjordiska dån, som ej åtföljdes af märkliga jordskalf, ha inträffat. Bland dessa jordskalf voro likväl endast omkring 300 åtföljda af nämnvärd förstörelse och blott 35 ansågos värda omnämnande i tidningarna. Äfven jordstöten af den 23 oktober 1904 tillhörde en svärm, som varade från den 10 till den 28 oktober, då talrika småstötar, särskildt den 24 och 25 oktober gjorde sig kända. Jordbäfningen i San Francisco började den 18 april 1906 kl. 5 t. 12 m. 6 s. förmidda-20

gen (pacific tid.) och var slut kl. 5 t. 13 m. 11 s. f. m., motsvarande en varaktighet af en minut och fem sekunder. Inom en timme därefter iakttogos tolf mindre stötar. Före kl. 6.52 e. m. hade ytterligare nitton jordskalf annoterats, och dylika mindre stötar återkommo under flera dygn efteråt.

Till följd af detta förekomstsätt inträffa vanligen svagare stötar före de häftiga, förstörande, och tjänstgöra sålunda såsom ett slags varningstecken. Men ganska ofta är detta dessvärre icke fallet, så t. ex. vid de jordbäfningar, som förstörde Lissabon 1755 och Caracas 1812 och de som anställde ovanligt stora härjningar i Agram 1880 och nu senast i San Francisco 1906. En ej allt för svår jordbäfning utan svagare förelöpare gick öfver Ischia 1881, medan den häftiga katastrof, som ödelade denna härliga ö 1883, var föregången af flera varningstecken. Dessa förhärjande jordbäfningar ha också i de flesta fall följts af ett antal mindre jordskalf, så jordbäfningarna i San Francisco och i Chile 1906. Mycket sällsynta äro de af en enda stöt beståenoe skalfven, ett sådant var det i Lissabon 1755.

De häftiga jordrörelserna åstadkomma ofta stora sprickor i jorden. Sådana förekommo i San Francisco på flera ställen (fig 11). Den märkligaste af dylika sprickor finnes vid Midori i Japan och uppkom vid jordbäfningen den 20 okt. 1891. En »förkastning» af jordlagren, uppgående till 6 meter i vertikal och 4 meter i horisontel led på sina ställen, härrör därifrån. Denna spricka är ej mindre än 65 kilometer lång. En annan af samma slag bildades vid ett jordskalf vid Monte Sant' Angelo i Kalabrien 1783. I bergstrakter inträffa ofta ras af berg till följd af sprickbildningen och skakningarna. En massa klippblock störtade ned vid Delphi under loppet af de phokiska jordskalfven. Den 25 januari 1348 störtade till följd af en jordbäfning en stor del af det nu af turister ofta besökta berget Dobratsch (Villacher Alp) i Kärnten ned

och begrafde två städer och 17 byar. Jordbäfningen den 18 April 1906 i Kalifornien utgick från en spricka i jorden, som sträcker sig från mynningen af Alder Creek nära Point Arena, sedan löper nära parallellt med kustlinjen, mest på land men vid San Francisco ett stycke ut i sjön, och åter går in öfver land mellan Santa Cruz och San José och sedermera öfver Chittenden till Mount Pinos, en sträcka af omkring 600 kilometer i riktningen N 35°W till S 35°E. Längs denna spricka ha de båda jordflaken förskjutit sig, så att det sydväst om sprickan belägna stycket rört sig åt nordväst omkring 3 meter, stund-

Fig. 11. Sprickor i Valentia Street, S. Francisco efter jordbäfningen år 1906.

om ända till 6 meter. I några trakter — Sonoma och Mendocino county — har det sydvästra jordflaket höjt sig något, aldrig mer än 1.2 meter. Detta är den längsta spricka som observerats vid en jordbäfning.

Efter jordskalfvens slut ligger jordytan ofta ej kvar i sitt ursprungliga läge utan har tagit en mer eller mindre

vågig form. Detta iakttages naturligtvis lättast där gator eller järnvägar förefinnas på jordbäfningsområdet. Så omtalas, att spårvägarna på hufvudgatan Market Street i San Francisco efter jordbäfningen bilda stora vågor.

Till följd af rubbningarna i jordskorpans läge och de samtidigt uppstående sprickorna ändras floderna i sina lopp, källor utsina och andra nybildas. Detta var också22

fallet vid jordbäfningen i Kalifornien 1906. Grundvattnet störtar därvid ofta ut med stor häftighet, medrifvande stenar, sand och slam, som stundom tornas upp i kraterformade förhöjningar (fig. 12). Vid dylika tillfällen inträffa också af dessa grunder vidsträckta öfversvämningar. Genom en dylik förskjutning af ett flodlopp inbäddades det antika Olympia i ett lager af flodsand, som skyddat en del af de gamla grekiska mästarnas konstverk — till exempel den berömda Hermesstoden — från förstöring. Floden har sedan gått tillbaka, och det gamla Olympias skatter ha blifvit utgräfda.

På samma sätt, som de naturliga vattenådrorna rubbas af jordskorpans förskjutningar, så brytas vattenledningar vid dylika tillfällen sönder, hvarigenom stor förödelse dels direkt åstadkommes, dels ännu mera indirekt, emedan möjligheten att hejda eldsvådor, som ofta utbryta vid husens sammanstörtande, därigenom i högsta grad nedsättes. Detta var anledningen till de största materiella förlusterna vid San Franciscos förödelse.

Ännu svårare härjningar åstadkomma de väldiga hafsvågor, som förorsakas af jordbäfningarna. Vi ha redan förut nämnt om flodvågen vid Lissabon 1755, hvilken åstadkom böljsvall ända vid svenska västkusten. Ar 1510 uppslukade en dylik vattenvåg i Konstantinopel 109 moskéer och 1070 boningshus. En annan flodvåg af 15 meters höjd bröt vid jordbäfningen den 15 juni 1896 in vid Kamaishi på ön Nippon (Japan), bortsopade 7,600 boningshus och dödade 27,000 människor.

Om den förhärjande flodvågen från Krakatoa 1883 ha vi redan talat. Denna flodvåg bredde ut sig i hela den Indiska oceanen och gick förbi goda Hopps-udden till Cap Horn, alltså rundt halfva jorden. Nästan ännu märkvärdigare var den luftvåg, som utbredde sig från detta explosionsställe. Medan häftiga kanonader ej höras längre än omkring 150 kilometer, i ett enstaka gynnsamt fall 270 kilometer, hördes eruptionen på Krakatoa i Alice

Springs (Central-australien) på 3,600 och på ön Rodriguez på nära 4,800 kilometers afstånd. Barograferna på de meteorologiska stationerna upptecknade först en plötslig stegring och därpå en stark sänkning af lufttrycket, åtföljda af några mindre störingar. Dessa luftstötar upprepades på några ställen ända till sju gånger, så att man däraf kan sluta, att luftvågen tre gånger passerat kring jorden i ena och tre gånger i andra leden. Fortplant-

Fig. 12. Sandkratrar och sprickor bildade vid jordskalfvet vid Korint 1861. I vattnet grenar från öfversvämmade träd.

ningshastigheten hos denna luftvåg var 314,2 meter i sekunden, motsvarande en temperatur af — 27 C., hvilken är förhärskande på omkring 8 kilometers höjd öfver jordytan.

Under det sista årtiondet har man noga följt en egendomlig företeelse, som består däri att jordens axel rör sig i en mycket oregelbunden kroklinje kring dess medelläge. Denna rörelse är mycket obetydlig, nordpolens

förskjutning från medelläget uppgår till ej mer än omkring 10 meter. Man har trott sig iakttaga, att denna nordpolens rörelse lider plötsliga rubbningar efter synnerligen häftiga jordskalf, särskildt då flera sådana inträffa efter hvarandra. Detta ger, kanske mer än någon annan iakttagelse, ett begrepp om jordbäfningarnas styrka, då de förmå att rubba hela den tunga jordmassan ur dess jämviktsläge.

En skadegörelse till följd af jordbäfningar, hvilken är af mycket betydande art, men som dock undgår de flestas uppmärksamhet, är förstöringen af underhafskablar genom jordstötar. Ofta visar sig därvid, att kablarnas guttaperkahölje smält, hvarigenom vulkaniska eruptioner under hafvets yta antydas. Man söker numera vid läggande af telegrafkablar att undvika de jordbäfningscentra, om hvilkas läge man fått säker kännedom genom de nyare tidernas undersökningar.

Man har alltid varit benägen att ställa jordbäfningar och vulkanutbrott i sammanhang. Otvifvelaktigt existerar

också ett sådant sammanhang för en stor del af de häftiga jordbäfningarna. För att visa detta, har den förutnämnda engelska kommittén gjort följande sammanställning angående Antillernas jordbäfningshistoria.

1692. Port Royal, Jamaica, förstördt genom jordbäfning. Land sjunker ned i hafvet. Eruption af St. Kitts.

1718. Våldsam jordbäfning i St. Vincent, åtföljd af eruption.

1766—67. Våldsamma jordskalf i nordöstra Sydamerika, Cuba, Jamaica och Antillerna. Eruption af S:ta Lucia.

1797. Jordbäfning i Quito, förlust af 40,000 människolif. Jordskalf på Antillerna. Eruption på Guadeloupe.

1802. Häftig jordstöt i Antigua. Eruption på Guadeloupe.

1812. Caracas, hufvudstad i Venezuela, totalt förstörd genom jordbäfning. Häftiga jordskalf i Nordamerikas

sydstater, begynnande 11 nov. 1811. Eruptioner på St. Vincent och Guadeloupe.

1835—36. Häftiga jordskalf i Chile och Centralamerika. Eruption på Guadeloupe.

1902, April 19. Häftiga jordstötar, hvarigenom många städer i Central-Amerika förstördes. Mont Pelée på Martinique i verksamhet. Utbrott den 3 maj. Underhafskablar söndersletos, och hafvet sjönk tillbaka. Nya häftiga rörelser af hafvet den 8, 19 och 20 maj, 7 maj utbrott på St. Vincent, kablar förstöras, 8 maj häftigt utbrott af Mont Pelée. Förödelse af St. Pierre. Talrika smärre jordskalf.

Af denna sammanställning framgår, huru oroliga förhållandena äro i denna del af världen och huru lugnt och tryggt vi ha det i det gamla Europa, särskildt här i norden. Åtskilliga delar af Centralamerika äro så starkt hemsökta af jordbäfningar, att en del däraf (Salvador) fått namnet »gungmattan». Jorden är där i nära nog sagdt ständig skälfning. Andra trakter, som ofta hemsökas, äro Kurilerna och Japan samt de ostindiska öarna. I alla dessa landsdelar är jordskorpan sönderbräckt af talrika sprickor och sammanknycklad under jämförelsevis sena geologiska perioder (hufvudsakligen tertiärtiden), och hoppressningen af jordskorpan pågår alltjämt därstädes. De små jordbäfningarna, af hvilka man räknar ej mindre än omkring 30,000 om året, ha intet närmare samband med vulkaniska utbrott, och detta är nog äfven fallet med åtskilliga bland de häftiga jordbäfningarna, såsom exempelvis den som förstörde San Francisco.

Man antager på goda skäl, att jordbäfningar ofta förorsakas genom rutschningar på hafsbottnen, där denna har stor lutning, af sediment, som under tidernas lopp utspolats från land. Milne anser, att »sjöbäfningen» vid Kamaishi den 15 juni 1896 hade ett sådant ursprung. Till och med den olikformiga belastningen af jordskorpan genom ojämnt lufttryck gynnar uppkomsten af jordskalf.

F

Fig. 13. Jordbäfningslinjer i Nedre Österrike.

Mindre jordbäfningar, och stundom rätt häftiga sådana, inträffa ganska ofta i trakten af Wien. På kartan synas tre linjer, en AB, kallad »thermallinjen», på grund af att längs densamma en massa varma källor (Meidling, Baden, Vöslau o. s. v.), s. k. »thermer», som användas för medicinskt bruk, förekomma, en annan BC, kallad »Kamplinjen», därför att floden Kamp flyter fram däri, och den tredje EF kallad »Mürzlinjen», därför att floden Mürz flyter fram längs densamma. Den stora järnvägslinjen mellan Wien och Bruck följer för öfrigt dalsänkorna längs AB och EF. Dessa linjer, som anses motsvara stora sprickor i jordskorpan, äro kända såsom utgångsställen för talrika jordskalf. Särskildt trakten kring Wiener Neustadt, där de tre

linjerna skära hvarandra, skakas ofta af häftiga [-jordbäfningar,hvil-kas-] {+jordbäfningar,hvil- kas+} årtal delvis stå antecknade på kartan. Den på kartan med xx betecknande kroklinjen angifver utsträckningsområdet för ett jordskalf, som den 3 januari 1873 utgick åt båda sidor om Kamplinjen. Det är påfallande, huru vidt jordskalfvet utbredt sig i de lösa jordlagren på slätten mellan St. Pölten och Tulln, medan de på kartan streckade bergsmassiven utgjort ett hinder för jordbäfningens utbredning.

Fig. 14. Universitetsbiblioteket vid Stanford University i Kalifornien efter jordbäfningen 1906. Bilden visar

järnkonstruktioners stora hållfasthet, jämförd med murverks. Jordbäfningen inverkan på låga trähus synes på fig. 11.

Till liknande slutsatser har man kommit genom studiet af utbredningen af det jordskalf, som härjade Charleston i Nord-Amerikas Förenta stater år 1886, då 27 människolif gingo förlorade. Detta var den mest förödande jordbäfning, som träffat dessa stater före jordbäfningen i Kalifornien 1906. Vid Charleston-jordbäfningen utgjorde Alleghany-bergen ett kraftigt hinder för jordstötarnas utbredning, hvilka desto lättare trängde fram i de lösa jordlagren i Mississippis floddal. Äfven i San Francisco iakttog man, att den häftigaste förödelsen träffade de stadsdelar, som lågo på lös, delvis utfylld grund i hamnens närhet, medan de på Franciscos berömda bergåsar byggda kvarteren blefvo jämförelsevis oskadade, såvida de ej nåddes af den påföljande, härjande, eldsvådan. Med hänsyn till härjningarna af jordbäfningen i San Francisco har man indelat denna stads byggnadsgrund i fyra klasser, hvaraf den första visade sig tryggast, den sista farligast, nämligen: 1) klippgrunden 2) mellan klipporna belägna dalar, som sakta fyllts af naturen 3) sand-dyner och 4) mark som vunnits genom utfyllning medelst konst. Denna sistnämnda mark »förhöll sig såsom halfflytande gelé i en skål» enligt jordbäfningskommissionens framställning.

Af liknande grunder stodo sig skyskraparna, som äro konstruerade af stål på djupt liggande grund, bäst, därefter kommo tegelhus med väl förbundna och cementerade murar på djup grund. Trähusens svaga sida visade sig de dåliga förbindningarna mellan stockarna vara, hvilken svaghet torde kunna afhjälpas. Stålkonstruktioners förträfflighet i detta afseende ådagalägges tydligt af bilden fig. 14.

Den svåraste förstörelsen vid denna jordbäfning träffade platser som lågo just på s. 21 nämnda spricka. Därnäst härjades de orter, såsom Santa Rosa, San José och Palo Alto med Stanforduniversitetet, hvilka ligga på lösa jordlager i den dal, hvars lägsta partier intagas af San Francisco-bay. Däremot ledo lyckligtvis det rika CaliforniaUniversity i Berkeley och det världsberömda Lickobservatoriet, som båda äro belägna på klippgrund, ingen nämnvärd skada.

En kartskiss af Suess återgifver jordbäfningslinjerna i Sicilien och Kalabrien (fig. 15). Dessa trakter ha, som förut nämnts, härjats af åtskilliga förödande jordbäfningar, hvaraf den gräsligaste år 1783 och en ganska svår år 1905. Men de äro dessutom skådeplatsen för talrika mindre

Fig. 15. Karta öfver jordbäfningslinjerna kring det Tyrrhenska sänkningsområdet.

jordskalf. I ganska sena tider har här Tyrrhenska hafvet sänkt sig, och hafsbottnen sjunker fortfarande. Man ser på kartan fem streckade linjer, motsvarande sprickor i jordskorpan, hvilka skära hvarandra i den vulkaniska trakten kring de Lipariska öarna. Dessutom finnes en punkterad periferisk cirkelbågformad spricka, som var utgångsstället för de båda förödande kalabriska jordskalfven 1783 och 1905. Jordskorpan förhåller sig här ungefär som en ruta, som spräckts af en häftig stöt mot en punkt mot-

svarande ön Lipari. Från stötpunkten stråla brottlinjer ut, och brottstyckena ha afbräckts från den kringliggande jordskorpan genom bågformade sprickor. Vulkanen Etna ligger på skärningspunkten af den periferiska och en radial spricka.

På grund af jordbäfningarnas stora praktiska betydelse har man på senare tid inrättat en mängd »seismologiska» stationer, där jordbäfningarna registreras af pendlar, som teckna linjer på papper, och drifvas framåt af urverk, ungefär så som en telegram-pappersremsa. Äger ingen jordstöt rum, är linjen rät, vid jordskalf öfvergår den till en våglinje. Om papperets rörelse är långsam, synes denna våglinje endast såsom en utbredning af den räta linjen. Nedanstående bild visar ett seismogram från

20. 36. 25. 20. 31. 21. | 20. 42. 29.

Fig. 16. I Shide upptaget seismogram.

stationen Shide på ön Wight af den 31 aug. 1898.* Den jordbäfning, som här registrerats, utgick från centret G i Indiska oceanen. Detta kunde man sluta sig till på grund af ankomsttiderna till de olika stationerna. Man ser på

nämnda »seismogram» en svag förtjockning af den räta linjen kl. 20 t. 5 m. och 2 sek. (8 t. 5 m. 2 sek. e. m.). Sedan svällde linjen ut vidare, och den häftigaste stöten inträffade kl. 20. 36. 25. En annan stöt kom fram kl. 20. 42. 29, hvarefter skakningen under mindre stötar sakta aftog. Stöten kl. 20. 5. 2 kallas den första stöten. Den går rätt genom jorden med en fortplantningshastig-

* Stationen Shide utgör ett slags centralstation. I Sverige finns en jordbäfningsregistrator, »seismograf», uppställd i Uppsala sedan några år. En annan är afsedd att uppställas i Vassijaure.

het af 9,2 kilometer pr sek. Den behöfver 23 minuter för att gå rätt igenom jorden längs en diameter. Den är mycket svag, hvilket anses bero på den utomordentligt starka friktion, som är egendomlig för starkt upphettade gaser sådana som de, som befinna sig i jordens inre. Den skarpa stöten kl. 20. 36. 25 beror på en vågrörelse i den fasta jordskorpan. Denna stöt försvagas i mycket mindre grad än den nyssnämnda och rör sig framåt med vida mindre hastighet, omkring 3,4 kilometer i sekunden längs jordytan.

Man kan beräkna fortplantningshastigheten af en stöt i ett kvartsberg, den är 3,6 kilometer i sekunden, således ganska nära öfverensstämmande med den funna siffran, hvilket ju också bör vara fallet, då jordens fasta skorpa hufvudsakligen består af silikat, d. v. s. föreningar, i hvilka kvarts ingår, och som besitta liknande egenskaper.

På korta afstånd är stötens fortplantningshastighet mindre, och man observerar då ofta icke den första svaga stöten. Hastigheten går ned till inemot 2 kilometer pr sekund. Detta beror på att stötens fortplantningsriktning då delvis beskrifver en kroklinje nedåt de fastare delarna af jordskorpan och delvis går genom de lösare lagren, som framsläppa stöten mycket långsammare än de fasta, exempelvis lös sandsten 1,2 km., vatten (i världshafvet) 1,4 km., lös sand 0,3 km. pr sekund. Det är tydligt, att man ur uppgifter om ankomsttiden för den första stöten och den starka stöten kan beräkna afståndet mellan observationsorten och jordbäfningens utgångspunkt. Stundom återkommer den skarpa stöten efter någon tid, fastän i försvagad grad; man har ofta iakttagit, att denna andra svagare stöt förhåller sig så, som om den gått rundt jorden på den längsta vägen mellan utgångspunkt och observationspunkt likasom en del af luftvågorna från Krakatoas utbrott (se sid. 23); fortplantningshastigheten för denna andra stöt är densamma som för den häftiga stöten.

Milne har ur sina iakttagelser dragit den slutsatsen,

att, om förbindelselinjen mellan ett jordskalfs utgångspunkt och observationsorten ej ligger djupare än 50 kilometer under jordytan på sin lägsta punkt, så går stöten fram odelat genom den fasta jordskorpan. På denna grund uppskattar han den fasta jordskorpans tjocklek till omkring 50 kilometer, ett värde, som nära öfverensstämmer med det, hvilket ofvan beräknats ur temperaturens tilltagande med djupet. Det förtjänar kanske också att nämnas, att man ur pendelobservationer bestämt jordens täthet i närheten af observationspunkterna och trott sig kunna sluta till, att sagda täthet är ganska växlande intill ett djup af 50 a 60 kilometer, hvarefter den blir likartad öfverallt. Dessa 50 a 60 kilometer antagas motsvara den fasta jordskorpan. (Jfr. s. 13.)

Jordstötarnas rörelse i jorden lär oss alltså, att våra slutsatser, att jordskorpan ej sträcker sig särdeles djupt, och att jordens innersta är gasformigt, nära motsvara verkligheten. Genom ett fördjupadt studium af seismogrammen kunna vi således hoppas att lära något mera om jordens allra innersta delar, hvilka vi, vid ett flyktigare betraktande, skulle vara böjda tro vara alldeles otillgängliga för den vetenskapliga forskningen. II.

Himlakropparna, särskildt jorden, såsom hemvist för lefvande varelser.

Få intryck äro så upplyftande som det, man erhåller då man en molnfri natt betraktar himlahvalfvet med dess tusenden af stjärnor. Då man sänder tanken bort till dessa i det oändliga fjärran glittrande ljus, kan man knappast undgå att fråga sig, om i deras omgifning finnas planeter liknande vår, som äro hemvist för organiskt lif. Hvilket obetydligt intresse har för oss en ödslig ö i de arktiska trakterna, som ej härbergerar ens den minsta planta, mot en sådan i tropikerna, på hvilken lifvet utvecklar sig i sin underbara mångfald? Likaså utöfva de främmande världarna på vår tanke en helt annan dragningskraft, om vi kunna tänka oss desamma tjäna lifvets intressen, än om vi måste föreställa oss dem såsom döda massor, som sväfva omkring i rymden.

Äfven angående vår egen lilla planet, jorden, måste vi göra oss likartade frågor. Har den alltid varit klädd af en

grön växtlighet, eller har den någon gång varit ofruktbar och öde? Och om så är, hvilka äro betingelserna för dess nuvarande höga uppgift att bära lif? Att jorden från början varit »öde och tom» är otvifvelaktigt, antingen vi nu antaga den ha varit alltigenom glödflytande, såsom väl är sannolikast, eller att den, såsom Lockyer och Moulton anse, bildats genom sammanhopning af meteorstenar, som, då de hejdats i sin rörelse, glödgats upp.

Såsom vi ofvan sett, består jorden sannolikt af ett gas-

334

klot, omgifvet af ett längst ut fast och, därinnanför, segflytande hölje. Man antar på goda grunder, att hela jorden ursprungligen varit ett gasklot, afsöndrat från solen, som ännu befinner sig i detta tillstånd. Genom strålning mot den kalla världsrymden förlorade gasklotet, som i hufvudsak förhöll sig ungefär så som vår nuvarande sol, småningom sin höga temperatur och slutligen bildades en fast jordskorpa på dess yta. Lord Kelvin har beräknat, att sedan detta skett, det ej dröjde längre än omkring 100 år, innan jordskorpans temperatur sjönk till 100 grader. Om också lord Kelvins beräkning skulle vara något oriktig, så kunna vi väl påstå, att så särdeles många tusen år dröjde det icke, sedan jorden fått sin första fasta skorpa — vid omkring ett tusen graders temperatur — till dess temperaturen sjunkit under 100-punkten. Vid denna temperatur kunna visserligen inga lefvande varelser äga bestånd, emedan ägghvitebeståndsdelarna i deras celler snabbt koaguleras, likasom ägghvitan i ett hönsägg, vid denna höga värmegrad. Det uppges emellertid att i de heta källorna på Nya Zeeland alger förekomma vid en ternperatur öfver 80 grader. Vid ett besök i Yellowstone Park sökte jag öfvertyga mig om riktigheten af denna uppgift, men fann, att alger endast förekommo vid de heta källornas kant, där temperaturen kunde uppskattas till högst 60 grader. Den berömde amerikanske fysiologen Loeb anger, att alger i heta källor ej anträffats vid högre temperatur än 55 grader. Då nu jordytans temperatur ännu mycket snabbare sjönk från 100-punkten till 55 grader än från 1,000 till 100 grader, så kunna vi säga, att endast några få årtusenden förgingo mellan bildningen af den första jordskorpan och uppnåendet af en temperatur, tjänlig för lifvets uppehållande. Sedan dess har efter all sannolikhet temperaturen aldrig sjunkit så lågt, att ej den större delen af jordens yta kunnat bära lefvande väsen, oaktadt stundom så kallade istider förekommit, då de för lif otillgängliga arktiska trakterna hade vida större ut-35

sträckning än nu. Likaså har världshafvet alltid till ojämförligt största delen varit isfritt och således kunnat bebos af organismer. Jordens inre svalnar alltjämt, fastän sakta, genom den värme som ledes genom jordskorpan från dess inre, varma, till dess yttre, kalla, delar.

Att jorden kan tjäna till boplats för lefvande väsen, beror således därpå, att dess yttre delar genom utstrålning afkylts till en lämplig temperatur (under 55 grader), men dock ej så starkt, att hela världshafvet ständigt varit fruset på sin yta, och att temperaturen öfver kontinenterna ständigt varit under fryspunkten. Detta gynnsamma mellanstadium ernås därigenom, att solstrålningen förmått ersätta jordens värmeförlust utåt världsrymden och är tillräcklig att hålla större delar af jordytan öfver noll-gradens temperatur. Temperaturbetingelsen för lif på en planet upprätthålles således endast därigenom, att å ena sidan värme och ljus strålas in i tillräcklig mängd från dess sol och å andra sidan en ständig lika stark utstrålning i världsrymden äger rum. Skulle ej värmeförlust och värmevinst balansera hvarandra, så skulle värmeförhållandena ej bli bestående annat än under en mycket kort tid.

Såsom exempel kan anföras den korta tid af några hundra eller tusen år som jordskorpan behöfde för att svalna från 1,000 till 100 grader. Därmed må jämföras den långa tid, den skattas af Joly till omkring 100 miljoner år, som förflutit sedan världshafvets första bildning, som motsvarade en temperatur af 365 grader, emedan öfver denna temperatur vatten endast förekommer i gasform. Joly har utfört sin uppskattning på följande sätt. Man känner, hur stor vattenmassan är i jordens samtliga haf, äfvensom hafvens salthalt. Härur beräknas lätt, hur stor mängd koksalt som finnes löst i alla världens haf. Detta salt har tillförts genom floderna, och man känner ungefär, huru mycket salt som föres ut i världshafvet genom alla jordens floder för hvarje år. Däraf är lätt att beräkna,

att jordens floder måst föra salt till hafvet under omkring 100 miljoner år, för att den nuvarande salthalten skulle uppnås. Till ännu högre siffror kommer man genom beräkning af den tid, som åtgått för att i hafven aflagra alla de skiktade, eller så kallade sedimentära, lagren. Sir Archibald Geikie skattar dessa lagers samfällda tjocklek, om

de legat kvar orubbade, till omkring 30,000 meter. Genom undersökning af yngre skiktade lager kommer han till den uppfattningen, att hvarje metertjockt lager fordrat mellan 3,000 och 20,000 år för sin bildning. Till afsättande af samtliga sedimentära lager har således en tidrymd af mellan 90 miljoner och 600 miljoner år varit nödvändiga. Den finske geologen Sederholm kommer till och med till en slutsumma af 1,000 miljoner år. En annan uppskattning utgår därifrån, att, medan jordytan ej ändrar temperatur på grund af värmejämvikten mellan solstrålning och förlust åt världsrymden, så sammandrar sig jordens inre genom afsvalning. Huru långt denna skrumpning fortgått, märker man på bergskedjebildningen, som enligt Rudzki täcker 1,6 procent af jordytan. Följaktligen har jordradien sammandragit sig 0,8 procent, motsvarande en afkylning af omkring 300°, hvartill åtgått c:a 2,000 miljoner år. Under hela denna nästan ofattligt långa period af mellan 100 och 2,000 miljoner år ha på jordytan och i världshafvet förefunnits organismer, som ej allt för mycket skilja sig från de nu lefvande. Man måste därför antaga, att om också jordytans temperatur under dessa aflägsna tider var något högre än nu, så var likväl skillnaden ej så särdeles stor, knappast 20 grader. — Den nuvarande medeltemperaturen för jordytan uppgår till omkring 16 grader, den växlar mellan ungefär — 20 grader vid nordpolen och — 10 grader vid sydpolen och omkring 26 grader i närheten af ekvatorn. — Fastmer synes den viktigaste skillnaden mellan jordytans temperatur under de äldsta geologiska perioder, från hvilka fossil äro kända, pch det nuvarande tillståndet ha bestått däri, att, då i de37

äldre tiderna värmet var nästan likformigt fördeladt öfver hela jorden, de olika zonerna nu visa betydande skillnader i temperatur.

Detta långa, nästan stationära tillstånd, har betingats däraf, att jordytans värmevinst genom solstrålning och värmeförlust genom utstrålning nära nog fullständigt kompenserat hvarandra. Att värmetillförsel genom strålning från en mycket het himlakropp, i vårt fall solen, är nödvändig för lifvets bestånd, därom är ingen i det ringaste tvifvel; däremot torde flertalet ej ha reflekterat däröfver, att värmeförlusten till den kalla världsrymden eller öfver hufvud taget till en kallare omgifning är lika nödvändig. Det finnes till och med de, som funnit sig så föga tillfredsställda af antagandet, att jorden och äfven solen utan gagn slösa bort största delen af sitt »lifsvärme» genom att kasta ut det i den kalla rymden, att de antaga, att strålning ej kan äga rum mot rymden utan endast mellan himlakropparna. Allt solens värme skulle således komma planeterna och månarna i solsystemet till godo, endast en försvinnande bråkdel skulle komma fixstjärnesystemen till godo, motsvarande deras obetydliga synvinkel. Om emellertid detta vore riktigt, så skulle planeternas temperatur hastigt stiga, ända tills den blefve nära lika med solens, och allt lif vore i detta fall omöjligt. Vi få således anse att »det är bäst som det är», oaktadt det stora värmeslöseriet ständigt afmattar solens energi.

För öfrigt utgår det nämnda betraktelsesättet, att solvärmet delvis går förloradt ut i den oändliga rymden, från en obevisad och högeligen osannolik förutsättning, nämligen den, att en ytterst ringa bråkdel af himlahvalfvet skulle vara täckt af himlakroppar. Detta är visserligen riktigt, om man, såsom förr var vanligt, antager att himlakropparnes flertal är lysande. Man har icke någon säker uppskattning af de mörka himlakropparnes antal och storlek. För att förklara den iakttagna rörelsen hos åtskilliga stjärnor har man antagit, att i deras närhet oerhördt stora,

mörka himlakroppar finnas, hvilkas massor äro jämförliga med och stundom öfverträffa vår sols. Men hufvudmängden af de mörka himlakroppar, som från oss afhålla bakom liggande stjärnors strålar, torde bestå af mindre massor, sådana som vi iakttaga hos kometer och meteorer, och till stor del utgöras af så kalladt kosmiskt stoft. De senare årens iakttagelser med utomordentligt kraftiga instrument ha gifvit vid handen, att de så kallade töckenstjärnorna eller nebulosorna förekomma utomordentligt ymnigt på himlahvalfvet. I dessas inre förekomma troligen anhopningar af mörka massor. Dessutom äro troligen nebulosorna till största delen allt för ljussvaga för att af oss kunna iakttagas. Man kan ej gärna göra ett annat antagande, än att himlakroppar finnas öfverallt i den oändliga rymden och ungefär lika- ymnigt som i de vårt solsystem närmast omgifvande trakterna. Följden häraf är den, att hvarje solstråle, hvart han än må vara riktad, slutligen måste träffa en himlakropp, så att ingen del af solens ej häller af stjärnornas strålning går förlorad.

Jorden förhåller sig i visst afseende, så som en ångmaskin. För att denna skall utföra nyttigt arbete, fordras ej endast, såsom alla väl veta, att värme tillföres densamma från en värmekälla af hög temperatur, nämligen eldstaden och ångpannan, utan äfven att maskinen skall få afgifva värme åt en värmekälla af låg temperatur, kondensatorn eller kylaren. Endast därigenom, att värme får genom maskinen öfverflyttas från en kropp af hög temperatur till en kropp af låg temperatur, förmår ångmaskinen att uträtta arbete. Och likaså kan intet arbete utföras på jorden, och därmed ej häller något lif existera där, såvida icke värme får genom jordens förmedling öfverföras från en varm kropp, solen, till en kallare omgifning, världsrymden och de däri befintliga kalla himlakropparna.

Såsom vi strax skola se, beror jordytans temperatur i någon mån på den omgifvande atmosfärens beskaffenhet39

och särskildt dess genomskinlighet. Om jorden ej ägde någon atmosfär, eller denna vore fullkomligt genomskinlig, så skulle man med kännedom om solstrålningens styrka lätt kunna beräkna jordytans medeltemperatur i enlighet med en af Stefan uppställd lag om värmeutstrålningens beroende af temperaturen. Under det sannolika antagandet af, att solstrålningen vid jordens medelafstånd från solen vore så stark, att den tillförde en svart kropp, hvars mot solstrålarna vinkelräta genomskärning vore 1 kvadratcentimeter, 2,5 gramkalorier i minuten, har Christiansen beräknat medeltemperaturen å de olika planeternas ytor. Den visas af nedanstående tabell, som också anger planeternas medelafstånd från solen, då jordens medelafstånd från denna himlakropp (149,5 miljoner kilometer) tages såsom enhet.

Planet Radie Massa Medelafstånd Medeltemp. Specifik vikt Merkurius 0,37 0,032 0,39 + 178°(332) 0,63

Venus 1,00 0,805 0,72 + 65 0,80

Jorden 1,oo I,oo 1,00 + 6,5 1,00

Månen 0,27 0,012 1,oo + I06 0,62

Mars 0,53 0,11 1,52 - 37 0,71

Jupiter 11,6 310 5,2 — 147 0,23

Saturnus 9,3 93 9,55 — 180 0,115

Uranus 4,2 14,7 19,22 — 207 0,194

Neptunus 3,8 16,5 30,12 — 221 0,31

Solen 108,6 324,440 0 6,200 0,25

Då Merkurius ständigt vänder samma sida mot solen, har jag för denna planet bifogat en siffra, 332, som anger medeltemperaturen på dess mot solen vända sida; dennas hetaste punkt uppnår ej mindre än 397° C, medan den frånvända sidan måste ha en temperatur, föga skild från den absoluta nollpunkten, — 273° C. En liknande beräkning har jag gjort för månen, som så sakta vrider sig kring sin axel (en gång på 27 dygn), att temperaturen på den solbelysta hälften blir nära lika stor (106) som om den ständigt vände samma sida mot solen. Dess

hetaste punkt har en temperatur af omkring 150 grader enligt denna beräkning. Månens poler och den del af den från solen vända sidan, som längst varit utan solsken, måste ha en temperatur föga öfverstigande den absoluta nollpunkten. Detta stämmer också väl öfverens med de mätningar af månens temperatur, som utförts genom bestämning af värmestrålningen från månen. Den äldsta mätning af dylik art gjordes af lord Rosse; han fann, att den solbelysta månskifvan (således gjordes iakttagelserna vid fullmåne) strålar ut lika mycket värme som en (svart) kropp af + 110C. En senare mätning af amerikanen Very synes gifva vid handen, att månens hetaste punkt är omkring 180 grader, således omkring 30 grader högre än beräkningen angifver. För månen och Merkurius, som ej hafva någon nämnvärd atmosfär, torde beräkningen nära öfverensstämma med verkligheten. Hvad vidare temperaturen på planeten Venus beträffar, så skulle den, om atmosfären vore fullt genomskinlig, uppgå till + 65° C. Vi veta emellertid, att i denna planets atmosfär täta moln, troligen af vattendroppar, sväfva, som förhindra oss att iakttaga den fasta ytan och hafven på Venus. Enligt bestämningar af Zöllner och andra angående denna

planets ljusstyrka, återkasta dessa moln ej mindre än 76 procent af det mot planeten infallande solljuset, med andra ord planeten Venus är ungefär lika hvit som en snöboll. Värmestrålarna återkastas ej i så hög grad, man kan uppskatta den af planeten infångade delen till omkring hälften af det infallande värmet. Härigenom åstadkommes en betydlig nedsättning af planetens temperatur, hvilken likväl delvis höjes genom dess atmosfärs skyddande inverkan. Medeltemperaturen på Venus är därför nog ej obetydligt lägre än den beräknade och torde sannolikt uppgå till omkring 40 grader Celsius. Det synes således ej alls vara orimligt att antaga, att ganska betydande delar af Venus' yta äro lämpliga för bärande af organiskt lif, särskildt trakterna kring dess poler.

Äfven på jordens temperatur ha molnen ett ganska starkt nedsättande inflytande. Molnen skydda ungefär hälften (52 procent) af jordens yta mot solstrålning. Men äfven vid fullkomligt klar himmel kommer ej på långt när allt solljus ned till jordytan. Äfven i den renaste luft sväfvar en del fint fördeladt stoft. Jag har uppskattat inverkan af detta stoft vara så stor, att omkring 17 procent af solvärmet genom dess inverkan går förloradt för jorden. Stoft och moln skulle tillsammans taga bort 34 procent af solvärmet från jorden; och detta skulle motsvara en sänkning i temperaturen af ej mindre än 28 grader. Dock skyddar stoftet och vattendropparna i molnen i någon mån mot utstrålning från jorden, så att totalförlusten genom moln och stoft uppgår till omkring 20 grader.

Nu har man funnit, att jordytans medeltemperatur belöper sig till omkring 16 grader, i stället för de beräknade 6,5, hvilka genom stofts och molns inflytande borde nedsättas med 20 grader d. v. s. till omkring — 14° C. Den observerade temperaturen är således ej mindre än 30 grader högre, än som beräknats. Detta beror på gasernas i luften värmeskyddande inverkan, hvarom strax nedan skall talas.

På Mars finnas knappt några moln. Denna planet har en ytterst genomskinlig atmosfär, och däraf förklaras hans höga temperatur. I stället för de beräknade — 37 graderna besitter Mars en temperatur af omkring + 10° C. Detta kan man se däraf, att vid Mars' poler under vintern samlas hvita massor, tydligen af snö, hvilka raskt smälta bort vid våren och ge upphof till vatten, som synes mörkt. Stundom smälta snömassorna vid Mars' poler alldeles bort under sommaren, hvilket de aldrig göra vid jordens poler. Mars' medeltemperatur måste därför vara öfver o, sannolikt omkring + 10 C. Det är högst sannolikt att organiskt lif frodas på Mars. Däremot är det nog sangviniskt, att af de s. k. kanalernas förekomst sluta till att intelli-

genta väsen finnas på Mars. Många antaga »kanalerna» bero på synvillor.

Hvad de öfriga, stora, planeterna angår, så är den för deras yta beräknade medeltemperaturen mycket låg. Denna beräkning är emellertid ganska illusorisk, då dessa himlakroppar sannolikt ej ha någon fast eller flytande yta, utan ända igenom äro gasformiga, såsom framgår af deras specifika vikt. Denna är för de inre planeterna, Mars och vår måne medräknad, något mindre än for jorden, månen kommer sist med specifika vikten 0,62. Sedan är det ett stort språng till de stora yttre planeternas specifika vikter. Högst kommer Neptunus med 0,31, en bestämning som torde vara jämförelsevis osäker, därefter Jupiter med 0,23 och sist Saturnus med 0,115. Dessa tal äro af samma storleksordning som det för solen gällande 0,25, och om solen veta vi att den, afsedt från några små molnbildningar, är alltigenom gasformig. Det är därför sannolikt, att äfven de yttre planeterna, från och med Jupiter, äro gasformiga och omgifna af täta molnslöjor, som hindra oss att se in i deras inre. Man kan därför ej gärna antaga, att dessa planeter kunna vara uppehållsorter för lefvande väsen. Snarare skulle deras månar kunna tänkas vara det. Om de ej finge något värme från sin planet, skulle de sträfva att antaga de temperaturer, som äro ofvan angifna för deras centralkroppar. Från vår måne synes jorden under 3,7 gånger så stor synvinkel som solen. Häraf är lätt att beräkna, att, då solens temperatur på grund af dess strålning antages vara 6,200 grader (6,500° absolut temp.), så skulle månen få lika stor värmetillförsel från jorden, om denna hade en temperatur af omkring 3,100 grader (3,380 abs.). Då de första vattenmolnen bildade sig i jordens atmosfär, motsvarade temperaturen omkring 360° C. och strålningen till månen från jorden var då endast 1,25 tusendelar af den från solen. Den nuvarande strålningen från jorden uppgår ej ens till en tjugondedel af detta belopp. Häraf synes, att strål-43

ningen från jorden ej spelar någon märkbar roll i månens värmehushållning.

Helt annat vore förhållandet, om jorden hade Jupiters 11,6 eller Saturnus' 9,3 gånger större diameter. Då skulle

jordens strålning mot månen vara en sjättedel resp. en niondel af den nuvarande solstrålningen, om jordytans temperatur vore 360°. Häraf kan man beräkna, att Jupiter och Saturnus skulle stråla ut lika mycket värme mot en måne på 240,000 resp. 191,000 km. afstånd (då jordmånens afstånd från jorden är 384,000 km.) som solen strålar mot Mars, allt pr kvadratcentimeter, om de sagda planeternas temperatur vore 360°. Nu finnas såväl vid Jupiter som Saturnus månar belägna inom kortare afstånd (126,000 resp. 186,000 km.) än de nämnda, och det är således ej alldeles otänkbart, att dessa kunna från sin centralkropp mottaga värmemängder, som göra dem tjänliga för lifvets uppehälle, om de äga en starkt värmeskyddande atmosfär. Svårare synes det vara med ljusförhållandena på dessa innersta månar vid Jupiter och Saturnus. Då deras planet lyser som starkast, är hans ljusstyrka endast en sjättedel resp. en niondel af solens ljusstyrka, som där är endast en tjugusjundedel resp. en nittioendel af hvad den är på jorden. Då planeterna voro glödande, voro utan tvifvel deras månar någon tid tjänliga för lifsutveckling.

Att luftkretsen utöfvar en inverkan, som skyddar mot värmeförlust, antogs redan vid början af 1800-talet af den store franske fysikern Fourier. Hans idéer utvecklades sedermera af Pouillet och Tyndall. Deras teori kallas för drifbänksteorien, emedan de antogo, att atmosfären inverkar på samma sätt som glaset i en drifbänk. Glaset äger nämligen förmågan att släppa igenom så kalladt ljust värme, det vill säga sådana värmestrålar, som kunna uppfattas af vårt öga, däremot icke mörkt värme, till exempel sådant, som utstrålar från en varm kakelugn eller en uppvärmd jordmassa. Värmet från solen är till största delen44

ljust, det tränger således in genom glaset öfver en drifbänk och värmer upp jorden. Strålningen från denna är däremot »mörk» och kan därför ej genomtränga glaset, som således skyddar mot värmeförlust, ungefär såsom en öfverrock skyddar kroppen mot allt för stark utstrålning. Langley utförde ett försök med en låda, som skyddades mot stark värmeförlust genom bomullspackning, och som på den mot solen vända sidan var täckt med dubbla glas. Han fann temperaturen däri, stiga ända till 113 grader, medan temperaturen i skuggan blott var mellan 14 och 15 grader. Försöket utfördes på den 4,200 m. höga Pikes peak i Colorado den 9 sept. 1881 kl. 1.40 e. m., således vid synnerligen stark solstrålning.

Nu antogo Fourier och Pouillet, att luftkretsen kring jorden har egenskaper, som påminna om glasets i afseende på genomskinlighet för värme. Detta har visats sedermera vara riktigt af Tyndall. De luftbeståndsdelar, som spela denna roll, äro de i jämförelsevis ringa mängd förekommande vattenångan och kolsyran, samt ozonet och kolväten. Dessa sistnämnda förefinnas i så ringa mängd, att man ännu ej tagit dem med i beräkningen. På den sista tiden har man fått rätt noggranna bestämningar af kolsyrans och vattenångans förmåga att genomsläppa värme. Med hjälp af dessa har jag beräknat, att om all kolsyra, — den uppgår endast till 0,03 volymprocent — försvunne ur luften, så skulle jordytans temperatur sjunka ned omkring 21 grader. På grund af denna temperatursänkning skulle vattenångans i luften mängd minskas, hvaraf en ytterligare nästan lika stor temperatursänkning skulle bli följden. Af detta exempel ser man redan, att jämförelsevis obetydliga ändringar i luftens sammansättning kunna utöfva ett mycket stort inflytande. En sänkning af luftens kolsyremängd till hälften af dess nuvarande värde skulle nedsätta temperaturen med omkring 4 grader, en sänkning till en fjärdedel med bortåt 8 grader. A andra sidan skulle en fördubbling af luftens kolsyra höja45

jordytans temperatur med 4, en fyrdubbling skulle höja den med 8 grader. Därjämte skulle en sänkning af kolsyrehalten skärpa temperaturskillnaderna mellan jordens olika delar, en höjning skulle åter utjämna dem.

Det uppstår nu den frågan, om verkligen sådana temperaturförändringar hos jordytan iakttagits. Därpå svara geologerna: ja. Vår historiska tid har föregåtts af en period, då temperaturen var omkring 2 grader högre än nu. Detta synes på den dåvarande utbredningen af hasseln och sjönöten (Trapa natans), hvaraf fossila nötter funnits på ställen, där sagda växter nu på grund af klimatförsämringen ej kunna lefva. Före denna tid gick istiden, om hvilken man nu med säkerhet vet, att den fördref invånarne i norra Europa från deras gamla boplatser. Man har många tecken, som tyda på, att istiden varit indelad i flera skeden, som skiljts åt af tidsintervall med mildare klimat, så kallade interglacialtider. Den tidrymd, som karaktäriseras af dessa istider, då temperaturen, enligt mätningar, gjorda öfver glaciärernas utbredning i alptrakterna, var ända till omkring 5 grader lägre än nu, antages af geologerna ha omfattat ej mindre än omkring 100,000 år. Denna tid föregicks af varmare tider då

temperaturen, att döma af växtfossil från dessa tider, stundom gick upp till i medeltal 8 à 9 grader högre än nu och var vida mera likformig öfver hela jorden än den är nu (eocentiden). Äfven under äldre geologiska perioder synas dylika starka klimatväxlingar ha ägt rum.

Finnas då anledningar att antaga, att luftens kolsyrehalt kan ha växlat så mycket, att därmed de sagda temperaturväxlingarna kunna förklaras? Angående denna fråga har Högbom och på senare tid Stevenson yttrat sig och i jakande form. Kolsyrehalten i luften är så obetydlig, att den årliga förbränningen af kol, som nu uppgår till omkring 900 miljoner ton (1904) och hastigt ökas, * till-

* Den var år 1890 510, år 1894 550, år 1899 690 och år 1904 890 miljoner ton.

för atmosfären omkring en sjuhundradel af dess kolsyreinnehåll. Oaktadt hafvet genom absorption af kolsyra härvid verkar såsom en mäktig regulator, som upptager omkring fem sjättedelar af den producerade kolsyran, så är det dock tydligt, att atmosfärens kolsyrehalt är så ringa, att den förmår märkbart rubbas under loppet af några århundraden genom industriens inverkan. Detta förhållande visar, att någon nämnvärd stabilitet ej förefinnes i luftens kolsyrehalt, utan att denna sannolikt varit underkastad stora rubbningar under tidernas lopp.

Den process, hvarigenom största delen kolsyra tillföres luftkretsen, är vulkanismen. Ur vulkanernas kratrar utstötas stora mängder gaser, kommande från jordens inre, och hvilka till största delen bestå af vattenånga och kolsyra, som bli fria vid silikatmassornas i jordens inre långsamma afsvalning. De vulkaniska företeelserna ha under olika skeden af jordens historia varit af ganska ojämn styrka, hvarför vi ha all anledning att förmoda, att kolsyremängden i luften varit betydligt större än nu under perioder af stark vulkanisk verksamhet, däremot mindre än nu under i vulkaniskt afseende lugna perioder. Professor Frech i Breslau har sökt visa, att detta öfverensstämmer med den geologiska erfarenheten, i det att tider utmärkta genom stark Vulkanism också uppvisat ett varmt klimat, och att ringa Vulkanism varit samtidig med låg temperatur. Särskildt utmärkte sig istiden genom nästan fullkomligt upphörandea f vulkanismen, och de båda perioderna vid början och midten af tertiärtiden (eocen och miocen), som utmärkte sig genom hög värmegrad, kännetecknades också af utomordentligt stark vulkanisk verksamhet. Denna parallellism kan äfven följas längre bort i tiden.

Man kan då möjligen undra öfver, att kolsyran ej ständigt ökas i atmosfären, då vulkanismen alltjämt befordrar nya kolsyremängder ut i luftmassan. Det finnes emellertid en faktor, som sträfvar att ständigt förbruka kolsyran

i luften, och det är vittringen. De bergarter, som först uppkommo genom den vulkaniska massans (den så kallade magmans) stelnande, bestodo af föreningar af kiselsyra med lerjord, kalk, magnesia, något järn och natrium. Dessa bergarter angrepos småningom af luftens kolsyra och af vatten, som innehöll kolsyra i löst form, så att särskildt kalken, magnesian och alkalisalterna, samt i någon mån järnet, bildade lösliga kolsyrade salter, som med floderna fördes ned till hafvet. Där utskiljdes kalken och magnesian af hafsdjur, och på detta sätt magasinerades kolsyran i de sedimentära lagren. Högbom beräknar att åtminstone 25,000 gånger så mycket kolsyra finnes lagrad i kalkstenar och dolomiter som den, som finnes i luften. — Chamberlin kommer till samma värde, mellan 20,000 och 30,000, då han ej tar i betraktande de präkambriska kalkstenarna. — Denna uppskattning är sannolikt ej obetydligt för låg. — All denna kolsyra, som finnes hopad i de sedimentära lagren, har passerat genom luften. En annan process, som drager kolsyra bort från luften, är växternas assimilation, hvarigenom de intaga kolsyra och utandas syrgas under aflagrande af kolföreningar. Likasom vittringen, stiger assimilationen med kolsyrehalten. Den polske botanisten E. Godlewski visade redan 1872 att olika växter, särskildt undersökte han noggrant Typha latifolia och Glyceria spectabilis, upptaga per tidsenhet ur luften en kolsyremängd, som växer först proportionellt med luftens kolsyrehalt, tills denna nått öfver en procent, och sedan vid en halt af omkring 6 proc. för den förra, 9 procent för den senare växten, når ett maximum, hvarefter assimilationen långsamt minskas vid stegrad kolsyrehalt. Ökas således kolsyrehalten till den dubbla, så stiger också omsättningen i växterna till dubbla beloppet. Ökas nu samtidigt temperaturen med 4 grader, så stegras också därigenom lifsverksamheten ungefär i förhållandet 1 till 1,5, så att således en fördubbling af kolsyrehalten skulle medföra en stegring af

växternas förbrukning af kolsyra i den ungefärliga proportionen 1 till 3. Ungefär likartadt torde förhållandet vara med förvittringens beroende af kolsyrehalten. En ökning af kolsyrehalten till dubbla värdet förmår således att stegra intensiteten hos växtlifvet liksom hos de oorganiska kemiska förloppen till deras trefaldiga belopp.

Enligt den berömde kemisten Liebigs uppskattning är den mängd från vatten befriad organisk materia, som produceras af en hektar åker, äng eller skog, ungefär lika, nämligen 2,5 ton pr år, i mellersta Europa. På många ställen i tropikerna är växtligheten mycket starkare, på andra ställen, i öknar och arktiska regioner, åter mycket svagare. Det synes därför ej orimligt att antaga Liebigs siffra såsom gällande i medeltal för den fasta delen af jordens yta. Af den nämnda organiska substansen, som hufvudsakligen består af cellulosa, utgöras 40 procent af kol. Häraf finner man att den nuvarande årliga kolproduktionen genom växter är 13,000 miljoner tons, ej fullt 15 gånger större än stenkolskonsumtionen, och ungefär motsvarande en femtiondedel af luftens kolsyrehalt. Om därför all växtlighet aflagrade sitt kol i torfmossar, skulle luften hastigt utarmas på sin kolsyra. Men det är nog endast en bråkdel af en procent af det producerade kolet, som på detta sätt förvaras till framtiden. Det öfriga återgår genom förbränning eller förmultning till den atmosfäriska kolsyremassan.

Chamberlin berättar, att han jämte fem andra amerikanska geologer sökt uppskatta, hur lång tid skulle förgå, innan luftens kolsyra förbrukas af vittringsprocessen. De funno efter olika uppskattningar tal växlande mellan 5,000 och 18,000 år, med ett sannolikt medelvärde af omkring 10,000 år. Till omkring samma belopp kan väl kolsyreförlusten genom torfbildningen uppskattas. Kolsyreproduktionen som förorsakas af förbränningen af fossilt kol skulle därför räcka till omkring sju gånger att täcka kol-49

syreförlusten genom vittring och torfbildning. Då dessa båda omständigheter äro de hufvudsakligen kolsyreförbrukancle faktorerna, finner man häraf, att luftens kolsyrehalt bör befinna sig i en stark och stadig tillväxt, så länge konsumtionen af fossilt kol, petroleum o. s. v. befinner sig på sin nuvarande höjd, och ännu mer om denna förbrukning såsom nu är fallet, hastigt ökas.

Vi kunna, på grund af det ofvan sagda, bilda oss en föreställning om möjligheten af den enorma växtlighet, som karaktäriserade några tidrymder, till exempel stenkolsperioden, af jordens utvecklingshistoria.

Denna period är för oss känd genom de utomordentligt stora massor af växtdelar, som då inbäddades i leror i dåtidens sumptrakter, för att sedan småningom förkolas och i nutiden såsom kolsyra återgå till sin ursprungliga plats i naturens kretslopp. Äfven på detta sätt har en stor del kolsyra försvunnit ur jordens atmosfär och magasinerats såsom kol, brunkol, torf, petroleum eller jordbeck i de sedimentära jordlagren. Samtidigt blef syrgas fri och afgick till lufthafvet. Man har nu beräknat, att den mängd syrgas — 1216 billioner ton — som finnes i luften, ungefärligen motsvarar den mängd fossilt kol, som finnes samladt i de sedimentära jordlagren. Det vore då rimligt att antaga, att allt det syre, som finnes i luften, bildats på bekostnad af luftens kolsyra. Denna åsikt uttalades först af Koene i Bryssel 1856, och den har sedermera lifligt diskuterats och vunnit i sannolikhet. En del syre går visserligen åt vid förvittringen t. ex. af svafveljärn och järnoxidulsalter, så att, om detta ej skett, syremängden i luften skulle ha varit större. Men å andra sidan finnas i de sedimentära lagren en massa oxidabla föreningar, t. ex. just svafveljärn, som troligen uppkommit under förbrukning af kol ur organiska kroppar. En stor del af de vid förvittringsprocessen syreförbrukande kropparna har således uppstått ur kol, som bildats under syreutveckling, så att de vid sin syrsättning återgå till

sin ursprungliga form. Vi kunna därför nöja oss med att konstatera, att mängden fritt syre i luften och fritt kol i de sedimentära lagren ungefär motsvara hvarandra, och att därför troligen allt luftens syre bildats genom växternas lifsprocess. Detta är sannolikt äfven af en annan grund. Vi veta visserligen, att fritt syre finnes i solens atmosfär, men att vätgas finnes där i en alldeles öfverväldigande mängd. Troligen har jordens atmosfär ursprungligen varit af samma natur, och då borde vid den småningom skeende afkylningen vätet och syret ha förenats till vatten, och väte funnits kvar i öfverskott. Kanske ha också kolväten funnits i jordens äldsta atmosfär; de spela nämligen en hufvudroll i kometernas gasmassor. Till dessa gaser sällade sig kolsyra och vatten från jordens inre. Luftens kväfve har sannolikt på grund af dess kemiska tröghet bibehållit sig oförändradt genom tidernas lopp. En engelsk

kemist Phipson har nu visat, att växter såväl högre (åkervinda) som lägre (åtskilliga bakterier) kunna lefva och utveckla sig i en syrefri atmosfär innehållande kolsyra och vätgas. Det är således sannolikt, att enkla växtformer förefunnits, innan luften innehöll syrgas, och att dessa ur de vulkaniska utströmningarnas kolsyra producerat syrgas, som så småningom, möjligen under inflytande af elektriska urladdningar, omsatt luftens väte och kolväten till vatten och kolsyra, till dess de voro förbrukade, hvarefter sedermera Syrgasen förblef i luften, hvars sammansättning småningom närmade sig dess nuvarande tillstånd.

Denna syrgas utgör en väsentlig betingelse, för att djurlif skall kunna uppkomma. Likasom vi anse djurlifvet för högre än växtlifvet, så har det förra först kunnat framträda på ett senare stadium än det senare. För växtlifvet fordras, utom lämplig temperatur, endast kolsyra och vatten, och dessa gaser förekomma sannolikt i alla planeters atmosfärer såsom utsöndringsprodukter ur deras inre glödande, långsamt afsval-

nande, massor. Vattenångans närvaro är påvisad i andra planeters atmosfär, såsom Venus, Jupiters och Saturnus' direkt med spektroskopet hjälp samt indirekt i Mars' (på grund af förefintligheten af snö). Spektroskopet har dessutom gifvit antydning om närvaron af andra gaser, gifvande ett intensivt band i den röda delen af Jupiters och Saturnus' spektrum (våglängd 0,000618 millim.). Andra nya beståndsdelar af obekant natur göra sig gällande i Uranus' och Neptunus' spektrum. Däremot finnes ingen eller ytterst obetydlig atmosfär på månen och Merkurius. Detta är lätt att förstå. På den från solen vända sidan af Merkurius är temperaturen nära den absoluta nollpunkten. Dit måste alla gaser i planetens atmosfär samlas för att kondensera sig. Om således Merkurius ursprungligen haft en atmosfär, så måste han ha förlorat den, då han miste sin fria rotation för att ständigt vända samma sida åt solen. Liknande grunder kunna anföras för att månen saknar atmosfär. Om, såsom många astronomer påstå, Venus ständigt vände samma sida åt solen, så skulle ej häller Venus ha någon märklig atmosfär med molnbildning. Vi veta att denna planet har en synnerligen starkt utvecklad luftkrets,* och detta utgör det starkaste skälet mot antagandet af, att Venus förhåller sig såsom Merkurius i afseende på sin vridning kring sin axel.

Då nu istider och varma tider växlat, äfven sedan människan uppträdde på jorden, måste vi göra oss den frågan: Ar det sannolikt att vi skola i de närmaste geologiska tidsskedena hemsökas af en ny istid, som skall drifva oss bort från vårt land till Afrikas hetare luftstreck? Det synes dess bättre, som om vi ej behöfde frukta något sådant. Redan den för industriens behof drifna förbränningen af kol är ägnad att märkbart öka luftens kolsyrehalt. Dessutom synes vulkanismen, hvilkens härjningar — på Krakatoa (1883) och Martinique (1902) — under den

* Detta synes på den starka ljusbrytningen i Venus atmosfär, då denna planet synes vid solranden vid s. k Venuspassager.

sista tiden varit synnerligen våldsamma, befinna sig i stigande. Det är därför troligt, att luftens kolsyrehalt tämligen hastigt tilltager. Därpå häntyder äfven den omständigheten, att världshafvet synes upptaga kolsyra ur luften, hvilket framgår däraf, att kolsyrehalten öfver hafvet och på öar i medeltal är ungefär 10 procent lägre än den är öfver kontinenter.

Om nämligen kolsyremängden i luften sedan mycket länge hållit sig oförändrad, borde kolsyremängden i vattnet genom absorption ha hunnit att sätta sig i jämvikt med den i luften. Att hafvet nu absorberar kolsyra ur luften visar, att hafsvattnet stått i jämvikt med en luft, som hållit mindre kolsyra än den nuvarande atmosfären. Kolsyrans mängd i luften har sålunda tilltagit under den sista tiden.

Man hör ofta beklagande öfver, att de i jorden samlade kolskatterna hastigt förskingras af nutidens människa utan tanke på framtiden, och man kan ej undgå att känna skräck för de våldsamma ödeläggelser af lif och egendom, som medfölja de häftiga vulkaniska utbrotten i vår tid. Det kan då möjligen lända till någon tröst, att i detta fall, likasom så ofta eljes, det ej finnes något ondt, som ej har något godt med sig. Genom den ökade kolsyrehaltens i luften inflytande hoppas vi att småningom närma oss tider af jämnare och bättre klimatiska förhållanden, särskildt i de kallare delarne af jorden, tider då jorden förmår att bära mångdubbelt ökade skördar till gagn för det hastigt växande människosläktet. III.

Solens strålning och konstitution.

I forna tider och äfven under det nyss gångna århundradet diskuterade man lifligt den frågan, huruvida jordens ställning inom solsystemet vore tryggad. Man kunde å ena sidan tänka sig, att jordens bana ändrade sig så, att jordens afstånd från solen ökades eller minskades, eller ock kunde dess vridning kring jordaxeln afstanna, och inträffade ett af dessa alternativ i någon större grad, så skulle lifvets existens på jorden vara hotad. Problemet om solsystemets stabilitet undersöktes af astronomerna, och deras gynnare uppställde höga pris för en lycklig lösning af frågan. Om solsystemet endast bestode af solen och jorden, så skulle systemets bestånd vara tryggadt för oändliga tider. De öfriga planeterna utöfva emellertid en, om ock ringa, inverkan på jordens rörelse. Att denna inverkan blir så obetydlig, beror därpå, att planeternas sammanlagda massa endast uppgår till omkring 1/750 af solens, äfvensom därpå, att de röra sig i nära nog cirkelformade banor kring solen som medelpunkt och därför aldrig komma hvarandra nära. Astronomernas räkningar visa, att störingarna äfvenledes äro periodiska med långa perioder om 50,000 till 2,000,000 års längd, så att hela verkan inskränker sig till en obetydlig svajning af planeternas banor kring ett medelläge.

I detta afseende är således allt godt och väl. Men det finns andra himlakroppar, hvilkas banor till stor del äro okända, men alls icke cirkelformade kring solen, nämligen54

kometerna. Fruktan för en sammanstötning med en dylik himlakropp sysselsatte ännu lifligt det förra århundradets tänkare. Erfarenheten har emellertid visat, att sammanstötningar mellan jorden och kometer ej medföra några allvarligare följder. Jorden har några gånger, så 1819 och 1861, gått genom svansarna på kometer, utan att man märkt det annat än genom astronomernas räkningar. En gång har man vid ett sådant tillfälle trott sig kunna iakttaga ett norrskensliknande ljus på himlen. Då jorden kommit i närheten af de solidare delarne af en komet, ha dessa regnat ned på jorden i form af stjärnskott, som ej förorsakat nämnvärd skada. Detta beror återigen på kometernas ringa massa, som ej heller förmår att märkbart störa planeternas lopp.

Hvad slutligen angår jordens vridning kring dess axel, så skulle denna långsamt förminskas genom ebb- och flod-fenomenet, som verkar såsom en broms på jordens yta. Denna bromsning är emellertid så obetydlig, att astronomerna under historisk tid ej kunnat påvisa densamma. Den motverkas något genom jordens långsamma hopkrympning. Laplace trodde sig, ur observationer angående solförmörkelser under den gamla tiden, kunna draga den slutsatsen, att dygnets längd sedan år 729 f. Kr. ej ändrat sig med 0.01 sekund.

Vi veta vidare, att solen, åtföljd af sina planeter, rör sig framåt i himlarymden mot stjärnbilden Herkules med den för våra jordiska begrepp svindlande hastigheten af 20 kilometer i sekunden. Under denna färd kunde ju solsystemets himlakroppar möjligen stöta emot någon för oss okänd himlakropp. På grund af himlakropparnas tunnsåddhet torde man emellertid kunna räkna på, att många billioner år skola förlöpa, innan en dylik katastrof inträffar. (Jfr. s. 123.)

I mekaniskt afseende synes allt vara välbeställdt i afseende på vår planets stabilitet. Sedan emellertid den modärna värmeläran gjort sitt triumftåg genom naturveten-SS

skapen, blef ställningen en annan. Man fick klarhet därom, att all rörelse och allt lif på jorden beror på solens strålning. Endast tidvattnets vågrörelse gör ett nära nog betydelselöst undantag. Man måste nu fråga sig: Skall ej solens kraftförråd, som ej blott går till planeterna utan till ojämförligt största delen förskingras ut till obekanta trakter i den kalla världsrymden, en gång taga slut och därmed äfven alla jordelifvets fröjder och sorger? Ställningen syntes så mycket mera förtviflad, som endast en del af 2,300 miljoner af solens strålning kommer jorden till godo och tio gånger så mycket till hela planetsystemet med dess månar. Solstrålningen är så kraftig, att hvarje gram af solens massa förlorar två kalorier för hvarje år. Om då solen hade ett så högt specifikt värme som vatten, hvilket i detta afseende betydligt öfverträffar de flesta kroppar, så skulle solens temperatur sjunka två grader för hvarje år. Då man nu beräknat solens temperatur till mellan 6,000 och 7,000 grader (i dess yttersta delar), så borde solen redan under historisk tid ha hunnit att fullkomligt afkylas. Om också solens inre, såsom är troligt, har en många gånger högre temperatur än dess af oss observerade yttre delar, så borde man likväl efter detta vänta, att dess temperatur och därmed dess strålning skulle märkbart förminskats under historisk tid. Men

alla dokument från det gamla Babylonien och Egypten synas antyda, att klimatet i dessa trakter vid den historiska tidens gryning var nära nog detsamma som nu, och att solen således lyste öfver de äldsta kulturmänniskorna på mycket nära samma sätt, som den nu sänder sina strålar till deras nutida efterträdare.

Solen antages därför ofta ej blott ha en utgiftssida utan äfven en nära nog lika stark inkomstsida på sitt värme-konto. Den tyske läkaren Mayer, som har den odödliga förtjänsten att först ha publicerat tankar om sammanhanget mellan värme och mekaniskt arbete, ägnade äfven sin uppmärksamhet åt solens värmehushållning. Han

antog, att svärmar af meteorer, som störta in i solen med en rasande hastighet (öfver 600 km. pr sek.), vid nedfallandet förlora sin rörelse, hvarvid värme uppstår (omkring 45 miljoner kalorier pr gram meteor). Så småningom skulle också turen komma till planeterna, som, uppoffrande sin egen tillvaro, för någon tid skulle uppehålla solens slocknande lifsgnista. Solen skulle således, såsom Saturnus i sagan, offra sina egna barn för sitt lifsuppehälle. Huru ringa hjälp därmed vunnes, synes däraf, att jordens instörtande i solen ej skulle uppehålla värmeutgifterna för fullt hundrade år. För öfrigt skulle meteorer, som tillfördes solen ungefär likformigt från alla håll, för länge sen ha gjort slut på solens vridning kring dess axel, medan solens rotationstid, såsom de äldsta observationerna af solfläckarna från Galileis tid (början af 1600-talet) gifva vid handen, ej märkbart ändrat sig under århundradenas lopp. Dessutom borde enligt Mayers hypotes meteorer i motsvarande antal falla ned på jorden och hålla dess yta vid en temperatur af omkring 800° C. (enligt siffror, gifna s. 88). Denna åsikt är således orimlig.

Man måste därför påfinna en annan utväg. Helmholtz, som likasom Mayer var en bland de första arbetarne inom den mekaniska värmeteorien, föll på den tanken att i stället för främmande meteoriter antaga solens egna delar falla mot dess medelpunkt, eller med andra ord, solen skulle krympa samman och därvid en stor värmemängd bli fri på grund af tyngdkraftens stora värde (27,4 gånger större än vid jordytan). Helmholtz räknade ut, att för täckande af solens värmeutgift behöfves en sammandragning af dess diameter med 60 meter om året. Om soldiametern förkortades med en hundradels procent, hvilket alls icke skulle kunna iakttagas, så skulle därigenom värmeförlusterna under mer än 2,000 år vara täckta. Detta kan ju synas ganska tillfredsställande. Men om man går vidare i räkningen, finner man, att, om solen drager ihop sig från sin nuvarande volym till en fjärdedel däraf, då den skulle

få ungefär samma täthet som jorden, så skulle den producerade värmemängden räcka till för endast 17 miljoner år. Men långt före dess bör solens strålning ha minskats så starkt, att den ej kan hålla jordens yta öfver fryspunkten. Helmholtz satte därför ned utsträckningen af jordelifvets existens i framtiden till omkring 6 miljoner år. Detta är föga tillfredsställande. Men om framtiden veta vi ju intet, utan måste medgifva möjligheten. Annorlunda, om vi räkna tillbaka med hjälp af Helmholtz' hypotes. Enligt denna kan ett tillstånd sådant som det nuvarande ej ha fortgått längre än omkring 10 miljoner år enligt Helmholtz' räkning. Då nu geologerna komma till den slutsatsen, att de fossilförande skikten på jorden fordrat minst hundra miljoner och sannolikt tusen miljoner år för sin bildning, och då sannolikt de ännu äldre jordlagren (de så kallade präkambriska) aflagrats under lika lång eller längre tid, så finna vi huru otillfredsställande Helmholtz' hypotes i själfva verket är.

En ganska egendomlig utväg ur denna svårighet tro sig några forskare ha funnit. Man känner, att en gram af det underbara ämnet radium i timmen afger omkring 120 kalorier, eller för hvarje år i rundt tal en miljon kalorier. Denna strålning synes pågå oförändrad under åratal. Om man således antar, att hvarje kilogram af solens massa innehåller endast två milligram radium, så räcker ju detta till för att täcka solens värmeutgift för all framtid. Det är förunderligt, att vetenskapsmän kunna uttala en sådan åsikt. Den förutsätter, att värme kan skapas af intet. Några tro likväl, att radiumet absorberar något slags, i öfrigt för oss obekant, strålning i rymden och omsätter densamma i värme. Innan man på allvar inlåter sig på diskussion af ett sådant förklaringssätt, bör man besvara frågan, hvarifrån denna strålning kommer, och hvar den hämtar sitt energiförråd.

Vi måste därför se oss om efter någon annan källa till täckande af solens värmeutgifter. Men innan vi

kunna finna denna, måste vi något litet studera solen själf.

Alla äro ense om, att solen är af samma natur som de tusenden lysande stjärnor, vi observera på himmelen. Allt efter beskaffenheten af det ljus, dessa utsända, indelas de i hvita, gula och röda stjärnor. Skillnaden i deras ljus framträder ännu tydligare, om de undersökas spektroskopiskt. De hvita stjärnorna innehålla alldeles öfvervägande helium och vätgas (heliumstjärnorna dessutom syrgas), metallerna göra sig jämförelsevis svagt gällande, dessa spela återigen huvudrollen i de gula stjärnornas spektra, där äfven några spektralband äro synliga. I de röda stjärnornas spektra uppträda massor af spektralband, hvilka antyda, att kemiska föreningar förefinnas i deras yttre delar. Såsom väl är kändt, blir en platinatråd eller koltråden i en glödlampa, som glödgas medelst en elektrisk ström, först röd vid svag ström, sedan gulaktig vid starkare ström och slutligen alltmera hvit, då strömstyrkan stiger. På samma gång stegras temperaturen. Med hjälp af färgen kan man således bestämma temperaturen. Om man känner ljusets våglängd för den färg, som har starkaste värmeverkan i stjärnans spektrum (egentligen normalspektrum), så är det lätt att beräkna stjärnans temperatur enligt en af Wien gifven lag. Man behöfver endast att dividera 2,89 med sagda våglängd uttryckt i millimeter, så får man stjärnans absoluta temperatur; drar man sedan från denna 273 grader, så har man temperaturen uttryckt på vanligt sätt i grader Celsius. För solen ligger maximum af värmeverkan vid en våglängd af 0,00055 millimeter (i gröngult). Härur fås absoluta temperaturen hos solens strålande lager, den så kallade fotosfären att vara 5,255 grader motsvarande nära 5,000 gr. C. Nu har emellertid jordens luftkrets ett försvagande inflytande på solljuset, och den förorsakar äfven en förskjutning af maximets läge i spektrum. Detsamma gäller for solens egen atmosfär, så att temperaturen är högre än 5,000°. Ur so-59

lens strålning har man med hjälp af Stefans lag beräknat solens temperatur vara omkring 6,200°, motsvarande en våglängd af omkring 0,00045 millimeter. Korrektionen är, som man ser, ganska betydlig. Ungefär hälften däraf kommer på jordens, hälften på solens atmosfär. En ungersk astronom Harkányi har på detta sätt bestämt temperaturen på några hvita stjärnor (Vega och Sirius) och funnit den vara omkring 1,000 grader högre än solens; den röda stjärnan Beteigeuze, den mest lysande stjärnan i Orions stjärnbild, har återigen omkring 2,500 grader lägre temperatur än solen.

Till denna uppskattning må göras den uttryckliga anmärkningen, att med en stjärnas temperatur i detta fall förstås temperaturen hos en strålande kropp, som utsänder samma slags ljus som det, hvilket kommer till oss från stjärnan. Stjärnans ljus har emellertid undergått starka förändringar, innan det hunnit fram till jorden. Stjärnan kan, hvilket fall blifvit observeradt hos nya stjärnor, vara omgifven med ett moln af kosmiskt stoft, som silar bort de blå och släpper igenom de röda strålarna. Stjärnan synes då hafva ett mindre bländ-hvitt ljus, än om molnet vore borta. Och i följd häraf uppskattas temperaturen att vara lägre än den i själfva verket är. Hos de röda stjärnorna har man också iakttagit förekomsten af band i deras spektra, dessa band antyda närvaron af kemiska föreningar. Intressantast bland dessa föreningar äro cyan- och kolföreningar, sannolikt med väte, af samma art som de, hvilka åstadkomma det af Swan observerade och efter honom uppkallade spektrum hos gaslågor. Man har förr trott, att närvaron af dessa föreningar antyder låg temperatur, men som vi nedan skola se, är detta alls icke säkert. Hale har vid solförmörkelser iakttagit, att just samma föreningar finnas omedelbart ofvan de lysande molnen på solen — troligen finnas de i större mängd nedanför dem, där temperaturen otvifvelaktigt är högre än ofvan molnen,6o

Huru härmed än må förhålla sig, ha vi all anledning att tro, att solen en gång var en hvit stjärna, lik den strålande Sirius, och att den småningom svalnat till sitt nuvarande utseende samt, att den en gång skall lysa med rödt ljus såsom Beteigeuze. Den skall då stråla ut endast en sjundedel af det värme, den nu utkastar i rymden, och det är väl sannolikt, att jorden innan dess skall vara förvandlad till en isöken.

Som vi ofvan sett, utöfvar så väl jordens som solens atmosfär en stark absorption på solens strålar och särskildt på de blåa och violetta delarna af solljuset. Detta gör, att solljuset ser rödare ut på kvällen än på middagen, emedan i förra fallet ljuset måste passera genom en mycket tjock luftmassa, som siktar bort det blåa ljuset. På samma sätt synes solranden vid en spektroskopisk undersökning mera röd än solens midt. Denna ljusförsvagning beror på fint stoft i jordens och i solens atmosfär. Då genom starka vulkaniska utbrott såsom de ofvan omtalade

eruptionerna af Krakatoa 1883 och Mont Pélée 1902, atmosfären fylles af ett fint vulkaniskt stoft, är solljuset särskildt starkt rödfärgadt, då solen står lågt, hvilket gifvit anledning till den företeelse, som kallas »röda skenet».

Undersöka vi en solbild, som med tillhjälp af en lins eller ett linssystem är kastad på en skärm, så finna vi ofta på den lysande solskifvan en samling karaktäristiska fläckar. Dessa fläckar ådrogo sig redan Galileis uppmärksamhet, och upptäcktes ungefär samtidigt af honom, Fabricius och Scheiner (1610—1611). De ha sedan dess utgjort de mest observerade föremålen på solen, och man uppmäter noggrant deras antal och storlek och uttrycker en kombination af dessa båda omständigheter genom de så kallade solfläckstalen. Dessa ändra sig från år till år tämligen oregelbundet med en periodlängd, som i medeltal uppgår till 11.1 år. Fläckarna förekomma i två bälten på solen och förskjuta sig under loppet af ungefär 13 a 14 dygn öfver solskifvan. Stundom synas de åter efter ytter-6j

ligare ungefär 13 a 14 dygn. Man antar därför, att de ligga jämförelsevis stilla på solens yta, och att solen vrider sig kring sin axel på omkring 27 dygn (så att samma punkter åter stå midt emot jorden efter denna tid, den så kallade synodiska omloppstiden). Det stora intresse, vi nu hysa för dem, beror därpå att samtidigt med fläckarna ändra sig åtskilliga jordiska företeelser, som ha maxima samtidigt med fläckarna. Dessa äro i första rummet polarskenen och de magnetiska variationerna, i mindre grad antalet cirrus-liknande moln och temperatur med flera meteorologiska företeelser. (Jfr. s. 101 —116.)

Fig. 17. Samling af solfläckar på solskifvan den 8 Sept. 1898. Strecket på bilden anger läget af solens centrala meridian.

Kring fläckarna ser man så kallade facklor, partier, som äro mycket ljusare än omgifningen. Om man för öfrigt undersöker en starkt förstorad solbild noga, finner man, att den har ett grynigt utseende; Langley jämför bildens utseende med det af en gråhvit duk, nästan täckt af snöflockar. De mindre lysande partierna kallas »porer», de ljusare kallas »korn». Man är ense därom, att kornen motsvara moln, som, likasom molnen i jordens atmosfär, uppstå på toppen af uppåtstigande luftmassor. Medan de jordiska molnen äro bildade af vattendroppar eller iskristal-62

ler, bestå »kornen» troligen af sot, d. v. s. kondenseradt kol, och droppar af metaller såsom järn. De minsta »korn», man kan observera, ha en genomskärning af omkring 200 kilometer.

Facklorna utgöras af särskildt stora molnsamlingar, uppburna af starka, vidt utbredda, uppåtstigande luftmassor, som motsvara de jordiska cyklonerna. Fläckarna åter motsvara nedåtsjunkande gasmassor, i hvilka temperaturen stiger, och hvilka därför äro »torra» och icke innehålla några moln, alldeles så som de jordiska anticyklonerna. I dessa hål uti solens molnvägg kan man därför skåda litet djupare in i den oerhörda gasmassan och få en föreställning om förhållandena i solens djupare delar. Naturligtvis är djupet i molnväggen dock ej synnerligen stort jämfört med solens radie.

Den bästa insikten i de olika solpartiernas natur får man genom att studera deras spektra. Dessa lära oss ej blott, af hvilka beståndsdelar de äro sammansatta, utan också med hvilken hastighet de röra sig. På detta sätt ha vi fått veta, att ofvan de lysande solmolnen, som sända sin strålning till oss, ligga stora gasmassor, innehållande de flesta jordiska grundämnen. Särskildt framträda däri järn, magnesium, kalcium, natrium, helium och vätgas. De sistnämnda beståndsdelarna, som ju äro lättast, äro särskildt starkt framträdande i atmosfärens yttersta lager. Denna solatmosfär är synlig, då vid solförmörkelser månskifvan nått så långt fram, att den täcker de starkt lysande molnen, den s, k. fotosfären. På grund af den stora halten af vätgas lyser den vanligen med den för denna kropp karaktäristiska purpurfärgen. Därför kallas detta gasskikt för kromosfären (af grekiska kromos, färg). Den har en tjocklek af 7,000—9,000 kilometer. Ur densamma stiga eldflammor upp öfver omgifningarna, så att man liknat dess utseende vid en gräsmattas, som ses från sidan.

Stiga dessa flammor till en större höjd, öfver 15,000 kilometer, kallar man dem protuberanser. Deras antal

Fig. 18. Del af solspektrum. Det öfversta, mellersta och nedersta partiet ge spektrum från kromosfären, de båda

ljusa banden motsvara spektrum af protuberanser. I midten vätgaslinjen F starkt förskjuten, angifvande stark rörelse hos protuberanserna. Observation af Langley 3 Aug. 1872.

såväl som deras höjd växer med solfläckarnas antal. De indelas i metalliska och lugna protuberanser. De förstnämnda utmärkas af en synnerligen häftig rörelse, såsom

synes af närstående figurer, och innehålla stora massor af metallångor. De förekomma endast i solfläcksbältena, som äro starkast utpräglade på omkring 20 graders afstånd från soläkvatorn. Deras rörelse är så häftig, att den ofta når flera hundra kilometer i sekunden; ungraren Fényi

Fig. 19. Metallisk protuberans med hvirfvelformig rörelse. Den hvita fläcken anger jordklotets storlek.

Fig. 20. Fontänliknande metallisk protuberans, hvars massor falla tillbaka till solytan.

observerade till och med den 15 Juli 1895 en protuberans, hvars största hastighet längs synlinjen, mätt med spektroskop, uppgick till 860 kilometer, och hvars största hastighet vinkelrätt däremot nådde 840 kilometer per sekund. Denna kolossala hastighet utmärker deras högsta partier, hvaremot de lägre delarna, som äro tätast och innehålla mest metallånga, äro mindre rörliga, såsom ju är naturligt. Deras höjd öfver solytan kan uppnå mycket stora värden, detsamma gäller också för de lugna protuberanserna. Den nyssnämnda protuberansen af den 15 Juli 1895 nådde 500,000 kilometers höjd, och Langley här

Fig. 21. Rökpelarformad lugn protuberans.

(den 7 Okt. 1880) observerat en af 560,000 kilometers höjd, hvars topp således var nära en solradie (690,000 km.) ofvanför solranden (fotosfären). Deras medelhöjd är omkring 40,000 kilometer. Att man har en så stor statistik för protuberanserna, beror därpå, att, medan man från deras upptäckt af Göteborgslektorn Vassenius (1733) och till år 1868 endast kunde iakttaga dem vid totala solförmörkelser, så lärde man sig sistnämnda år att observera dem vid fullt solljus med spektroskopets hjälp (Lockyer och Janssen).

De lugna protuberanserna bestå nära nog uteslutande

Fig. 22. Trädformiga lugna protuberanser. Den hvita fläcken anger jordklotets storlek.

af vätgas och helium; stundom innehålla de spår af metallgaser. De likna vanligen moln, som synas lugnt sväfva i solatmosfären, eller rökmassor från en skorsten. De kunna förekomma i alla trakter af solen, och deras stabilitet är så stor, att man stundom kan iakttaga dem under ett helt solhvarf (omkring 40 dygn), om de nämligen stå i polens närhet, så att man hela tiden kan iakttaga dem utanför solkanten. Figur 21 och 22 visar några dylika protuberanser enligt Young.

Stundom ser man materien i protuberanserna falla ned tillbaka på solytan mellan de mindre, med grässtrån förliknade eldflammorna (fig. 20), men i de flesta fall tyckas de upplösas; de förlora då till följd af den starka utstrålningen

Fig. 23. Schematisk bild af skillnaden mellan spektrum af en solfläck och det af den omgifvande fotosfären enl. Mitchell. Några linjer synas i solspektrum af fotosfären men ej i fläcken, andra tvärtom, längst till höger två band. I midten två »omvända» linjer.

sin glöd och kunna sedan ej iakttagas. De lugna protuberanserna, som synas sväfva på 50,000 kilometers höjd och större höjder öfver solytan, befinna sig där i ett nästan lufttomt rum. Deras partiklar kunna därför ej, likasom vattendropparna i de jordiska molnen, uppbäras af omgifvande gaser. För att de skola hålla sig sväfvande, måste de därför af någon egendomlig kraft (strålningstrycket) stötas bort från solen.

Facklorna kunna studeras på samma sätt som fläckarna, och på den sista tiden ha särskildt Deslandres och Hale

användt ett enkom därför konstrueradt instrument, heliografen. Då facklorna närma sig solkanten, visa de sig särskildt starkt lysande, jämförda med omgifningen, hvilket antyder, att de ligga på stor höjd, hvarför deras ljus

ej försvagas genom det öfver dem liggande dunst-skiktet. Då de nått solkanten, visa de sig ofta såsom upphöjningar i fotosfären. De moln, som utgöra dessa facklor, uppbäras af starka uppåtstigande gasströmmar, som på grund af det uppåt aftagande gastrycket utvidgas, då de stiga uppåt. Fläckarna visa många egendomligheter i sitt spektrum (se fig. 23 och 24). I detta ser man särskildt tydligt heliumlinjen. Detsamma är fallet med natriumlinjerna, som

Fig. 24. Spektrum af en solfläck (midtelpartiet) omgifven af spektrum af fotosfären. Närmast fläckens spektrum, »halfskuggans» spektrum, som är ett mellanting mellan fotosfärens och kärnskuggans. (Enligt Mitchell.)

äro starkt utbredda och i sin midt visa en lysande linje (så kallad omvändning af linjer). Detta häntyder på, att metallen ligger fördelad i ett djupt skikt. I spektrums röda del förefinnas spektralband, alldeles såsom i de röda stjärnornas spektra; dessa band, som för öfrigt af starka instrument upplösas i massor af linjer, antyda närvaron af kemiska föreningar. Då fläcken är jämförelsevis ljussvag, framträder dess spektrum såsom ett mindre ljust band mot bakgrunden af det mera lysande spektret från

fotosfären. Särskildt är den violetta sidan af fläckens spektrum försvagad. Oaktadt fläcken uppenbarligen framträder såsom en fördjupning i fotosfären och, då den står vid solranden, ofta synes bilda ett hak i denna, har man gjort den iakttagelsen, att den ej synes mörkare vid solkanten. Detta antyder, att det ljus, som utstrålar från fläcken, till

Fig. 25. Fotografi af solkoronan år 1900, motsvarande koronans utseende under minimiår af solfläckar. (Langley och Abbot.)

största delen härrör från dess öfre partier. Det från de djupare delarne kommande absorberas tydligen till största delen af de högre liggande lagren. Äfven fläckarna smalna af nedåt på grund af gasernas sammanprässning på större djup, och man kan därför iakttaga deras trattformiga (moln-) väggar, hvilka synas dunklare än omgifningen, men lju-68

sare än fläckens så kallade kärna (fig. 24). Försvagningen af den violetta delen af spektrum beror sannolikt på närvaron af fint stoft i solgaserna, likasom den motsvarande försvagningen af solspektrums från solkanten violetta sida. Banden i den röda delen af fläckens spektrum härröra sannolikt från fläckens djupare delar, då alla högre partier af

Fig. 26. Fotografi af solkoronan år 1870, tagen af Davis. 1870 var ett maximiår af solfläckar.

solatmosfären ge enkla, skarpa linjer i spektrum. Banden antyda, att kemiska föreningar kunna äga bestånd vid det högre tryck, som är rådande i solens inre delar, men som sönderdelas i solens yttre partier och därefter såsom kemiska element ge linje-spektra.

Längst ut i solens dunsthölje ligger den gåtfulla koro-nan, som består af stråliga partier, hvilka kunna sträcka sig flera soldiametrars längd utanför solskifvan. Den synes ej annat än vid totala solförmörkelser. Figurerna 25—27 ge något begrepp om denna märkvärdiga företeelse. Då solfläckarnas antal är ringa, sträcka sig koronastrålarna ut som stora kvastar från de äkvatoriala partierna, och de svaga koronastrålarna vid solens poler äro böjda ned mot äkvatorn, alldeles så som kraftlinjerna kring polerna af en magnet (fig. 25). Af denna grund antar man, att solen verkar såsom en stark magnet, hvars poler ligga i närheten af solens geografiska poler. Under solfläckrika år är korona-

Fig. 27. Fotografi af solkoronan år 1898 efter

Maunder. 1898 var ett år med medelmåttigt

antal solfläckar.

strålarnas fördelning jämnare (fig. 26). Vid medelmåttigt antal af solfläckar synas en massa strålar utgå från närheten af solfläckarnas maximihalten, hvarigenom koronan ofta erhåller en fyrkantig form (jfr fig. 27). Detta gäller den »yttre koronan», medan koronans inre del, den s. k. »inre koronan» sprider ett mera jämnt ljus. Den

spektroskopiska undersökningen visar, att detta utstrålas hufvudsakligen af vätgas och en okänd gas, kallad koronium, som särskildt förekommer i den inre

koronans högre delar. Den yttre strålformiga koronan ger däremot så kalladt kontinuerligt ljus, hvilket visar, att det utstrålar från fasta eller flytande partiklar. I spektrum af de längst ut belägna delarna af koronastrålarna har man stundom trott sig finna mörka linjer på ljus grund, alldeles såsom i spektrum från fotosfären. Man antar därför, att detta ljus från den yttersta koronan är reflekteradt solljus, kommande från små fasta eller flytande partiklar. Att det är reflekteradt, synes äfven af den omständigheten, att det är delvis polariseradt. Den strålformiga beskaffenheten hos den yttre koronan antyder närvaron af en kraft (strålningstrycket), som stöter bort småpartiklarna från solens centrum.

Hvad solens temperatur angår, ha vi redan sett, att de två metoderna för dennas bestämning lämna något olika resultat. Ur strålningens styrka beräknade Christiansen och sedan Warburg densamma till omkring 6,000° C, Wilson och Gray funno för solens medelpunkt 6,200°, hvilket de senare korrigerade till 8,000° C. På grund af absorption i solens (och jordens) atmosfär finner man alltid för låga värden. Detta är i ännu högre grad fallet för beräkningar gjorda med den andra metoden med användning af den våglängd, för hvilken värmestrålningen i solspektrum är starkast. Le Chatelier jämförde det genom rödt glas silade solljusets styrka med styrkan af på samma sätt behandlat ljus från olika jordiska värmekällor af någorlunda bekant temperatur. Han uppskattade sålunda solens temperatur till 7,600° C. De flesta äro öfverens att räkna med 6,500° absolut temperatur, motsvarande omkring 6,200° C. Detta är hvad som kallas solens »effektiva temperatur». Om solstrålningen ej absorberades, så skulle denna temperatur motsvara fotosfärmolnens. Som det röda ljuset absorberas jämförelsevis föga, torde Le Chateliers värde 7,600° och det därmed nära sammanfallande Wilson-Grayska värdet 8,000° C. ungefärligen ange fotosfärmolnens yttre delars medeltemperatur. Att fack-

lorna ha högre temperatur, synes af deras större ljusstyrka, som dock delvis beror på deras större höjd. Carrington och Hodgson sågo den i Sept. 1859 två facklor bryta ut i kanten af en solfläck. Deras glans var 5 à 6 gånger större än närliggande delars af fotosfären. Detta motsvarar en temperatur af omkring 10,000° C. Häraf är det klart, att de djupare skikten i solen, som härvid bröto fram, ha en högre temperatur, hvilket ju för öfrigt torde vara tämligen själffallet, då solen utåt förlorar värme.

Såsom väl är bekant, sjunker luftmassans temperatur med stigande höjd, beroende på rörelse i luften. En nedåt sjunkande luftmassa prässas ihop af det ökade trycket, och dess temperatur stiger därför alldeles som temperaturen i det pneumatiska elddonet, när dess stämpel prässas in. Om luften vore torr och i häftig rörelse, skulle dess temperatur ändra sig med 10° C pr kilometer. Stode den stilla, skulle den däremot antaga en nära likformig temperatur, d. v. s. temperaturen skulle ej afta uppåt. Man finner i verkligheten ett värde, som ligger nästan midt emellan dessa båda ytterligheter. Som tyngden på solen vid fotosfären är 27,4 gånger större än vid jordytan, kan man beräkna, att, om luften vore lika tung på solen, som den är på jorden, så skulle temperaturen där ändra sig 27,4 gånger så hastigt med höjden som på jorden, d. v. s. med omkring 270 grader pr kilometer, om den befunne sig i häftig rörelse. Nu är den yttre delen af solens atmosfär verkligen i häftig rörelse, så att denna del af vårt antagande må anses riktig. Men den består hufvudsakligen af vätgas, som är 14,5 gånger lättare än luften på jorden. För detta fall visar räkningen, att vi måste förminska det nyss beräknade värdet 14,5 gånger. Med andra ord aftagandet pr kilometer skulle bli omkring 19 grader. Nu är emellertid strålningen på solen ytterligt häftig, och denna sträfvar att jämna ut förhållandena, så att 19 grader pr kilometer utan tvifvel är ett alldeles för högt värde. Längre in i solen äro gaserna vida tyngre, men redan på ett

ringa djup äro de så starkt sammantryckta af de ofvanför liggande lagren, att deras kompressibilitet blir mycket ringa, och då mister den nyss nämnda räkningen sitt värde. I alla händelser stiger temperaturen ini solen allt mer, ju närmare man kommer dess centrum. Antoge vi temperaturstigningen pr kilometer vara densamma som i jordens lufthaf d. v. s. omkring 5 grader pr kilometer — den ar sex gånger större i den fasta jordskorpan — så skulle vi vid solens medelpunkt få en temperatur af öfver tre millioner grader.

Alla kroppar smälta och förgasas, om temperaturen stegras. Sker detta öfver en viss temperatur, den så kallade

kritiska, så kan kroppen ej förtätas, hur högt tryck man än använder, utan den finnes blott i gasform. Denna temperatur är, räknad från —273° C, nära en och en half gång så hög som kroppens koktemperatur vid 1 atmosfärs tryck. Så vidt man kan döma af vår jordiska erfarenhet, är det ej sannolikt, att den kritiska temperaturen för någon kropp uppnår högre värden än omkring 10,000 a 12,000° C, d. v. s. de högsta temperaturvärden, som ofvan beräknats för facklorna på solen. De inre delarna af solen måste därför vara gasformiga, och hela solen en starkt komprimerad gasmassa af ytterligt hög temperatur, hvilken på grund af det höga trycket har en specifik vikt, som är 1,4 gånger så hög som vattnets, och som därför i många afseenden liknar en vätska. Den är exempelvis ytterst segflytande, och därpå beror solfläckarnas jämförelsevis stora beständighet. (En fläck höll sig 1 1/2 år 1840— 41.) Solen är således ett gasklot, i hvars yttersta delar på grund af strålning och uppåtstigande rörelse hos gasmassorna några molnartade kondensationer förekomma. Man har beräknat trycket vid fotosfären, d. v. s. där dessa moln simma, till i medeltal 5 a 6 atmosfärer, hvilket på grund af den stora tyngden motsvarar endast ett öfverliggande gaslager af en femtedels jordisk atmosfär. Ungefär på motsvarande höjd (11,500 m.) i jordens atmosfär73

sväfva de högsta fjädermolnen, mot hvilka fotosfärmolnen i solens atmosfär i många afseenden svara.

Vi återvända nu till den fråga, som lämnades olöst, nämligen hvarifrån solen hämtar ersättning för den energi, som den ständigt strålar ut i rymden. De kraftigaste värmekällor, vi känna, äro kemiska omsättningar, den i det dagliga lifvet mest använda är förbränningen af kol. Förbrännes ett gram kol, afgifver det omkring 8,000 kalorier. Om solen således bestode af rent kol, som förbrändes, skulle dess energi ej räcka till längre än omkring 4,000 år. Det är ej underligt, att de flesta efter denna uträkning förlorade hoppet om att komma fram på denna väg. Föga lycklig var också den hypotes, som den bekante franske astronomen Faye uppfann för att reda sig ur denna svårighet. Han sade: I solens inre härskar en så hög temperatur, att allt där sönderfaller i sina elementära beståndsdelar. Komma dessa atomer åter upp i solens yttre skikt, förenas de och afgifva mycket värme. Faye tyckes ha föreställt sig, att ständigt nya mängder kunde stiga upp ur solens inre och ingå kemiska föreningar vid dess yta. Om nya massor skola tränga upp till ytan, så måste de, som förut varit på ytan, tränga in i solens inre, och där på grund af den höga temperaturen kemiskt sönderdelas. Men därvid skulle precis lika mycket värme förbrukas, som det man förut vunnit vid samma massors framträngande till ytan. Fayes förklaring är därför alldeles oantaglig.

För öfrigt hafva vi sett, att de högsta skikten i solen utmärka sig genom linjespektra, motsvarande enkla kemiska ämnen, medan i solfläckarnas djup kemiska föreningar uppträda, som ge bandspektra. Det är alldeles oriktigt att antaga, att hög temperatur sönderdelar alla kemiska föreningar i deras grundbeståndsdelar. Den mekaniska värmeteorien lär oss endast, att då temperaturen stiger, bildas sådana produkter, hvilkas bildande är förenadt med värmeförbrukning. Så till exempel bildas ozon af syrgas vid hög temperatur, oaktadt ozonet är mera74

sammansatt än Syrgasen; det förbrukas också 750 kalorier, då en gram syrgas förvandlas till en gram ozon. Likaså veta vi, att i den elektriska ljusbågen (vid omkring 3,000°) en förening af luftens syre och kväfve uppstår under värmeförbrukning; på denna omständighet beror den nya metoden att tillverka salpetersyra ur luft. Vidare bildas de välbekanta föreningarna benzol och acetylén ur sina grundämnen kol och vätgas under förbrukning af värme. Alla dessa kroppar måste vid hög temperatur bildas ur sina grundämnen. Nu är det vidare en erfarenhet, att ju högre den temperatur är, vid hvilken en process försiggår, desto större värmemängd förbrukas också vid processen i fråga.

En likartad lag gäller för tryckets inflytande. Ökas trycket, så gynnas sådana processer, som ge produkter, hvilka intaga ringa volym. Om vi då tänka oss en gasmassa från solens högre skikt rusa ned till ett allt större djup i solkroppen, såsom gaserna i en solfläck göra, så komma på grund af det stegrade trycket — detta växer oerhördt mot solens inre, med ungefär 3,500 atmosfärer för hvarje kilometer — kondensationsprodukter att bildas. Gaserna, som på grund af det låga trycket och den höga temperaturen i solens yttersta skikt (utanför fotosfärmolnen) voro sönderfallna i atomer, ingå i fläckarnas djup kemiska föreningar, såsom spektralundersökningen visar. På grund af den höga härskande temperaturen förbruka dessa föreningar vid sin bildning ofantliga

värmemängder, och dessa värmemängder förhålla sig till dem, hvilka förbrukas vid kemiska processer på jorden ungefär så som temperaturen i solen till den, vid hvilken den kemiska processen på jorden aflöper. Föras dessa gaser allt längre in i solen, stiger värmen och trycket allt mera. Allt energirikare och mindre voluminösa produkter bildas. Vi måste därför föreställa oss, att i solens inre finnas kroppar, som, om de bringas till solens yta, sönderfalla under en oerhörd värmeutveckling och volymsökning.75

De äro således att betrakta såsom de våldsammaste sprängämnen, i jämförelse med hvilka dynamit och pikratkrut äro att anse såsom leksaker. Detta styrkes också däraf, att när gaser tränga ut genom fotosfärmolnen, förmå de att slunga ut protuberanser, som nå en hastighet af flera hundra kilometer i sekunden, det vill säga hastigheter, som äro omkring tusen gånger så stora som de, som nås af våra snabbaste gevärskulor. Detta förutsätter, att energien hos dessa i solens inre förekommande sprängmedel skall vara bortåt en miljon gånger större än den hos våra jordiska sprängmedel. Och ändock hafva dessa solära sprängmedel under sin passage från solens inre afgifvit en stor del af sin energi. Efter detta blir det oss begripligt, att solens energi i stället för att räcka 4,000 år, hvilket motsvarar förbränningen af ett solklot af kol, kunna vara tillräckliga för 4,000 miljoner år eller ännu mera, kanske ända till flera biljoner år.

Att så energirika föreningar finnas, har upptäckten af radiums värmeutveckling visat. Enligt Rutherford sönderfaller radium till hälften under en tidrymd af omkring 1,300 år. Då därvid utvecklas en värmemängd af omkring en miljon kalorier per gram och år, finna vi, att sönderfallandet af radium i dess slutprodukter är förenadt med en värmeutveckling af ett par miljarder kalorier per gram, ungefär en kvarts miljon gånger mer än förbränningen af en gram kol skulle lämna.

Äfven på det kemiska området är jorden en pygmé mot solen, och vi ha all rätt antaga, att solens kemiska energi är och varit tillräcklig att täcka solens värme under många miljarder, troligen biljoner, år. IV.

Strålningstrycket.

Näst den enklaste mätnings- och räknekonst synes astronomien vara den äldsta vetenskap. Att solen är källan för allt lif och all rörelse, därom har man visserligen fått klar kunskap först sedan midten af det sist gångna århundradet, men en aning om solens oerhörda betydelse hade man redan sedan den äldsta urtiden. Man öfverflyttade snart en del af vördnaden för solen på den mildt lysande månen och på de mindre himlablossen. Man iakttog nämligen, att deras ställning på himmelen regelbundet förändrades samtidigt med de årliga ändringarna i väderleken, hvilkas inflytande på alla mänskliga företag gjorde sig så starkt gällande. Man tillskref därför måne och stjärnor, fastän, såsom vi veta, utan något egentligt berättigande, egenskapen att behärska väderleken och därmed allt mänskligt görande och låtande. Innan något företag påbörjades, sökte man därför först att öfvertyga sig om, att stjärnornas ställning var gynnsam. Pä detta sätt förvärfvade de stjärnkunnige redan under äldsta tider ett oerhördt inflytande öfver den okunniga och vidskepliga massan.

Denna öfvertro satt ännu djupt rotad i sinnena, då det lyckades Newton (1686) att visa, att de så kallade vanderstjärnornas eller planeternas och deras månars rörelse kan beräknas med tillhjälp af den högst enkla lagen, att alla dessa himlakroppar dragas till solen eller sina närmaste

centralkroppar med en kraft, som är proportionell mot deras egen massa och centralkroppens massa, samt omvändt proportionell mot deras afstånds kvadrater. Newtons samtida Halley tillämpade teorien på de gåtfulla kometerna, och den beräknande astronomien har allt sedan denna tid haft sin fasta grund, från hvilken intet undantag blifvit funnet. Världen var därigenom med en gång befriad från den förlamande öfvertro, som var förknippad med föreställningen om stjärnornas hemlighetsfulla uppträdande. Också har såväl Newtons samtid som eftervärld skattat denna hans upptäckt högre än något annat af de underbara vetenskapliga storverk, som denne mänsklighetens heros uträttat. Enligt Newtons lag sträfva alla materiella massor att småningom förenas med hvarandra och världsutvecklingen går därhän, att de små världskropparna t. ex. meteoriter uppslukas af de stora.

Det är likväl att märka, att Newtons store föregångare, Kepler, (1618) iakttagit att materien i kometernas svansar

bortstötes från solen. Han, liksom också senare Newton, trodde att ljusstrålningen beror därpå, att små ljuskroppar kastas ut från solen och andra lysande kroppar i alla riktningar. Då dessa stöta mot de små stoftpartiklarna i kometsvansarna, dragas dessa med, och deras bortstötning från solen blifver därigenom begriplig. Karaktäristiskt är, att Newton ej ville låta denna förklaring gälla, oaktadt han delade Keplers åsikt om ljusets natur. Enligt Newton var kometsvansarnas afvikelse från hans lag om den universella attraktionen endast skenbar, kometsvansarna förhöllo sig så som den från en skorsten uppstigande rökpelaren, som, oaktadt rökgaserna attraheras mot jorden, stiger uppåt, emedan han är lättare än den omgifvande luften. Denna åsikt som af Newcomb karaktäriseras såsom sådan att »den knappast kan på allvar tagas i betraktande» visar Newtons starka sträfvan att förklara allt med hjälp af sin lag.

Astronomerna gingo troget i den oupphinnelige masta-

rens, Newton, fotspår och sköto åt sidan de företeelser, som ej riktigt passade in i hans system. Ett undantag gjorde den berömde Euler, som 1746 uttalade den förmodan, att ljusvågor utöfva ett tryck mot de kroppar på hvilka de falla. Denna mening förmådde likväl ej att göra sig gällande mot den däremot riktade kritiken, som hufvudsakligen utöfvades af De Mairan. Att likväl Euler hade rätt, visades genom Maxwells berömda teoretiska arbete angående elektricitetens natur (1873). Han visade att värmestrålar — detsamma gäller för öfrigt strålning af hvad natur som hälst, såsom Bartoli (1876) påpekat — utöfva ett tryck, som är lika stort som den i volymsenheten på grund af strålningen innehållna energimängden. Maxwell räknade ut, huru stor denna tryckverkan är, och visade, att den är sa ringa, att man med dåtidens hjälpmedel knappast kunde uppmäta densamma. Detta har likväl sedermera skett genom mätningar i luftförtunnade rum af ryssen Lebedeff och amerikanarne Nichols och Hull (1900, 1901). Dessa ha funnit, att detta tryck, det så kallade strålningstrycket, är precis så stort som Maxwell angifvit.

Trots Maxwells oerhörda anseende hade astronomerna förbisett hans viktiga lag. Lebedeff sökte visserligen i ett arbete af år 1892 att anpassa densamma på kometsvansarna, hvilka han ansåg vara gasformiga, men för detta fall är Maxwells lag ej tillämplig. Först år 1900, kort innan Lebedeff lämnade det experimentella beviset för lagens riktighet, sökte jag påvisa dess stora betydelse för förståelsen af flera himmelska företeelser. Storleken af strålningstrycket vid solytan är, om strålarna infalla vinkelrätt mot en svart kropp af i kv.cm. yta, 2,75 mgm. Jag beräknade då, hur stor en droppe af samma specifika vikt som vatten (I), skulle vara, för att strålningstrycket i solens närhet skulle jämt motväga solens attraktion. Det befanns, att detta skulle inträffa, om droppens diameter vore 0,0015 millimeter. En korrektion, utförd af79

Schwarzschild visar, att för räkningens riktighet fordras, att droppen skall fullkomligt reflektera alla på densamma fallande strålar. Är droppens diameter mindre, så öfverväger strålningstrycket attraktionen, och en dylik droppe stötes därför bort från solen. Såsom Schwarzschild visat, äger detta likväl, på grund af ljusets böjning, endast rum, om droppens omkrets är större än 0,3 gånger den infallande strålningens våglängd. Blir droppen ännu mindre, så öfverväger återigen tyngden. Droppar, hvilkas storlek ligger mellan dessa båda värden, stötas bort. Häraf synes, att molekyler, som ha mycket mindre dimensioner än de nämnda, ej stötas bort af strålningstrycket, och att således Maxwells lag ej har någon betydelse för gaser. När droppens omkrets är precis lika med strålningens våglängd, utöfvar strålningstrycket den största möjliga effekt, det öfverträffar då tyngden ej mindre än 19 gånger. Dessa beräkningar gälla alla för totalt reflekterande droppar af specifika vikten* och en strålning och attraktion motsvarande dem, som solen utöfvar. På grund däraf, att solljuset ej är homogent, blir maximiverkan något minskad och uppgår till omkring 10 gånger tyngden för droppar af omkring 0,00016 millimeters diameter.*

Före införandet af strålningstrycket till förklaring af bortstötningsföreteelser, sådana som de, hvilka iakttagits hos kometernas svansar, antog man med Zöllner vanligen, att bortstötningen beror på elektriska krafter. Utan tvifvel spelar elektriciteten en stor roll i dessa fall, såsom vi nedan skola se. Förklaringen därpå lämnas af en upptäckt af C. T. R. Wilson (1899). Genom åtskilliga yttre inflytelser kunna gaser bringas till att leda elektricitet. Gaserna sägas då vara ioniserade, det vill säga innehålla fria ioner m. a. o. ytterst små partiklar laddade med posi-

* 1 c.c. vatten innehåller 47 biljoner sådana droppar, men en sådan vattendroppe innehåller 960 miljoner molekyler, och det finns troligen organismer, som äro mycket mindre än dessa droppar.8o

tiv eller negativ elektricitet. Gaser kunna ioniseras bland annat genom bestrålning med röntgenstrålar, katodstrålar, eller ultraviolett ljus, samt genom stark upphettning. Då nu solstrålarna innehålla massor af ultraviolett ljus, så är det otvifvelaktigt, att gasmassor i solens närhet, såsom sådana i kometer, som komma nära solen, äro delvis ioniserade och således innehålla både positiva och negativa ioner. Ioniserade gaser äga en anmärkningsvärd förmåga att kondensera ångor. Wilson visade, att denna egenskap tillkommer de negativa ionerna i högre grad än de positiva (vid kondensation af vattenånga). Om därför i solens omgifning ångor finnas, som afkylas och kondenseras, så utfällas de då bildade vätskedropparna först på de negativa ionerna. Drifvas sedan dropparna bort af strålningstrycket, eller falla de ned till följd af tyngden, såsom regndropparna i jordens atmosfär, så föra de med sig de negativa jonernas laddning, medan den motsvarande positiva elektriciteten blir kvar i gasen (luften). På detta sätt skiljas de negativa och positiva laddningarna från hvarandra, och elektriska urladdningar kunna bli följden däraf, om tillräckligt stora elektricitetsmängder skiljas från hvarandra. Följden af dessa urladdningar är den, att gaserna, genom hvilka de gå, bli lysande, oaktadt deras temperatur kan vara mycket låg. Tysken Stark har till och med visat, att en låg temperatur hos gaser är gynnsam för utvecklingen af ett kraftigt ljusfenomen vid den elektriska urladdningen.

Såsom redan omtaladt, kom Kepler redan i början af 1600-talet till den åsikten, att kometernas svansar bortstötas från solen. Newton visade, hur man ur kometsvansarnas form kan beräkna deras hastighet. Det bästa sättet är likväl att direkt observera denna hastighet. Kometsvansarna äro nämligen ej jämna, såsom de ofta framställas på teckningar, utan de innehålla ofta mera lysande knutar (fig. 28), hvilkas rörelse man kan direkt iakttaga.

Af sina studier angående kometsvansarnas rörelse slöt

Olbers i början af förra århundradet, att kometsvansarnas bortstötning från solen är omvändt proportionell mot kvadraten på afståndet, det vill säga, att repulsionskraften ändrar sig på samma sätt som tyngdkraften. Man kan därför uttrycka repulsionskraften i gravitationen mot solen såsom enhet, och detta sätt är allmänt vedertaget. Att strålningstrycket ändrar sig på detta sätt med afståndet,

Fig. 28. Fotografi af Rördams komet (1893, II) visande flera starka förtätningar i kometsvansen.

är äfven naturligt, ty strålningen mot samma yta är också omvändt proportionell mot kvadraten på afståndet från den strålande kroppen, här solen.

Under den senare delen af förra århundradet utförde den ryske astronomen Bredichin ett stort antal mätningar

82

angående de krafters storlek, med hvilka kometmassorna stötas bort från solen. Han trodde sig på denna grund kunna indela dem i tre klasser. För den första klassen var bortstötningen 19 gånger större än tyngdkraften, för den andra klassen mellan 3,2 och 1,5 gånger, i den tredje klassen 1,3 à i gånger större än tyngden. För åtskilliga kometer har man emellertid funnit ännu större värden, så

Fig. 29. Fotografi af Swifts komet (1892, I).

fann Hussey för en komet af 1893 (Rördam's komet; 1893 II) 37 gånger starkare bortstötning än tyngden, och Swifts komet (i892, I) har den ännu högre siffran 40,5. Somliga kometer visa svansar af olika sort, så som den berömda Donatis komet (fig. 30). Dess två raka svansar tillhörde Bredichins första klass, den kraftiga, krökta, den andra klassen.

Såsom ofvan sagdt, beräknade Schwarzschild, att små fullkomligt reflekterande droppar af vattens specifika vikt kunna bortstötas med ända till 10 gånger sin tyngd från solen. För en fullkomligt absorberande droppe sjunker detta värde till hälften. Nu äro dropparna, som, enligt iakttagelser angående kometernas spektra, troligen bestå af kolväten, ej fullkomligt absorberande, utan släppa delvis igenom solstrålningen. En närmare beräkning visar,

Fig. 30. Donatis komet, sådan den syntes 1858.

att man för detta fall kan uppnå krafter af omkring 3,5 gånger tyngdkraften. Större droppar visa mindre värden ; således foga sig Bredichins grupper 2 och 3 väl i de fordringar, som motsvara antagandet af strålningstrycket.

Svårare synes det vara att förklara, hur stora bortstötande krafter, som de hvilka äro egendomliga för Bredichins första grupp eller Swifts och Rördams komet, kunna förekomma. Om vi tänka oss en kolvätedroppe utsatt för

stark solstrålning, så uppvärmes den slutligen så häftigt, att den förkolas. Den ger därvid på grund af de bortgående gaserna (hufvudsakligen vätgas) ett svampartadt kol, som närmast torde motsvara de små kolbollar, som stundom falla ned ur röken från våra ångbåtar och flyta med sin största del öfver vattnet. Det är mycket väl tänkbart att dylika kolsammangyttringar, troligen bestående af hopfiltade så kallade margariter eller pärlbandsliknande rader, liknande bacill-kedjor, kunna ha en specifik vikt af 0,1. om man medräknar de i dem inneslutna gaserna. En absorberande droppe af specifika vikten 0,1, kan i gynnsamma fall lida en bortstötning som 40 gånger öfverstiger tyngdverkan från solen. Det är möjligt att på detta sätt få en föreställning om möjligheten af dessa stora bortstötande krafter.

Kometernas spektra bekräfta i allo de slutsatser, till hvilka läran om strålningstrycket leder. De visa ett svagt kontinuerligt spektrum, som sannolikt härrör från solljus, reflekteradt från småpartiklarna. Dessutom observerar man, såsom nyss nämndt, spektrum af gasformiga kolväten och af cyan. Dessa bandspektra bero på elektriska urladdningar, ty de observeras hos kometer, hvilkas afstånd från solen är så stort, att de ej kunna vara självflysande på grund af hög temperatur. I Swifts komets svans iakttog man bandspektra i partier liggande ända till omkring fem miljoner kilometer från kärnan. De elektriska urladdningarna böra hufvudsakligen gå ut från de yttre delarna af svansen, där enligt elektricitetslärans lagar de elektriska krafterna äro störst. Därför synas också de större kometsvansarna som om de vore omgifna af starkare lysande ljusmantlar.

När kometerna komma närmare solen, börja äfven andra mindre flyktiga kroppar att märkbart afdunsta, och man har då iakttagit natriumlinjer, och när kometerna komma mycket nära solen, äfven järnlinjer i deras spektra. Dessa linjer härröra uppenbarligen från material, som afdunstat från kometernas kärna, hvilken liksom de till jorden ned-

fallande meteoriterna väl hufvudsakligen består af silikater,. däribland natriumsilikat, och järn.

Huru dessa droppar uppstå, kan man lätt föreställa sig. Man iakttar, att då en komet närmar sig solen, materia stötes ut från dess kär-

nas mot solen vända sida. Detta motsvarar fullkomligt bildningen af moln i jordens atmosfär en het sommardag. Molnbildningen ger anledning till den så kallade hufvan, som lägger sig ungefär som ett tunnt halfsfäriskt skal kring kärnans mot solen vända sida. Stundom observerar man två eller flera hufvor, motsvarande de olika molnskikten i jordens atmosfär. Från hufvans bakre kant strömmar kometsvansens materie ut bort från solen. Kometsvansarne äro vanligen starkare utvecklade, då de närma sig solen än då de gå bort därifrån. Detta beror sannolikt, såsom man länge antagit, därpå, att kolvätena till stor del uttömmas under passagen förbi solen. Man har också trott sig märka, att s, k. periodiska kometer, som med regelbundna mellantider återvända till solen, visa en svagare svansbildning för hvarje gång de återkomma. Kometerna visa också sin största ljusstyrka under perioder

Fig. 31. Nichols och Hulls försök

att eftergöra kometsvansar, genom att

låta elektriskt bågljus, koncentreradt

genom en lins, falla på fint pulver.86

af stark solfläcksverksamhet. Man har anledning antaga, att under sådana förhållanden solens omgifning är fylld af fint stoft, som kan tjänstgöra för kondensation af kometsvansmaterien. Det är också troligt, att vid dylika

tillfällen, på grund af den samtidiga starka förekomsten af facklor, den ioniserande strålningen från solen är starkare än vanligt.

Nichols och Hull ha försökt att eftergöra kometsvansar. De togo sporerna af röksvamp, Lycoperdon. Dessa äro nära klotformade och omkring 0,002 millimeter i diameter. De upphettades till rödglödning och lämnade svampartade kulor af kol med en medeltäthet af omkring 0,1. Dessa inlades jämte något smärgelpulver i ett timglasformadt kärl (fig. 31), hvarur luften så vidt möjligt utpumpades. Sedan fick pulvret i en fin stråle falla ned i kärlet och belystes samtidigt från sidan med elektriskt bågljus, koncentreradt medelst en lins. Smärgeln föll då lodrätt ned, men kolkulorna drefvos åt sidan af strålningstrycket.

Äfven i solens närmaste omgifning finna vi verkningar af strålningstrycket. Koronastrålarnes rätliniga sträckning utåt på afstånd af stundom 6 gånger soldiametern (omkring 8 miljoner kilometer) tyder på bortstötande krafter från solen, som påverka det fina stoftet. Man har också länge jämfört solkoronan med kometsvansarna och Donitsch anser den vara jämställd med kometsvansarna af Bredichins andra typ. Det är möjligt att beräkna koronans massa på grund af hennes värme- och ljusstrålning. Den förstnämnda har blifvit uppmätt af Abbot. På ett afstånd af 30,000 kilometer från fotosfären strålade koronan endast ut så mycket värme som en — 55° C. varm kropp. Detta beror därpå, att den utgöres af en ytterligt tunn dimma, dess verkliga temperatur kan ur Stefans lag beräknas till 4350° C. Koronan är så tunn, att den skymmer bort endast omkring en 190,000-del af den bak-för liggande himlagrunden. Till samma resultat kommer man från en beräkning af koronans ljusstrålning, som är ungefär lika med fullmånens, stundom något mindre, stim-

dom större, ända till dubbelt. Nu gälla ofvanstående observationer för koronans starkaste del, den så kallade »inre koronan». Enligt Turner aftar hennes ljusstyrka utåt såsom omvända värdet af den sjätte potensen af afståndet från solens medelpunkt. På en solradies afstånd (690,000 kilometer) skulle således ljusstyrkan vara endast 1,6 procent af hvad den är nära solytan.

Antaga vi nu att koronans materie består af partiklar, som äro just så stora, att strålningstrycket balanserar deras tyngd — andra partiklar aflägsnas från den inre koronan — så finna vi att hela solkoronans vikt ej uppgår till mer än omkring 12 miljoner ton. Den är ej större än vikten på 400 af våra största oceanångare (Oceanic), och endast så mycket som den under en vecka på jorden förbrukade stenkolsmängden.

Att koronamaterien är ytterst förtunnad, har man redan förut slutit af den omständigheten, att kometer vandrat genom densamma, utan att märkbart störas i sin rörelse. 1843 gick en komet på endast 1/4 solradies afstånd från solytan utan att lida inverkan. Moulton beräknar, att den stora kometen af år 1881, som kom solen nära på om kring 1/2 solradie ej rönte motstånd af någon större kraft än 1/50000 af dess tyngd, och att kometens kärna var minst 5 miljoner gånger tätare än koronans materia. Newcomb har kanske något öfverdrifvit koronans höga förtunningsgrad, då han säger, att den måhända blott innehåller ett stoftkorn på hvarje kubikkilometer.

Men huru liten mängd materia än finnes i koronan och huru obetydlig bråkdel af densamma än må ingå i koronastrålarna, som drifvas bort från solen, så är det likväl säkert, att en ständig förlust af fint fördelad materia äger rum från solen. Denna är nog ej större än tillförseln (se nedan) eller omkring 300 miljarder ton om året, så att ej ens under en biljon år en 6,000-del af solens massa (2 x 1027 ton) strös ut i rymden. Denna siffra är mycket osäker. Vi veta nämligen, att en del meteoriter nedfalla på jorden88

dels i kompakt form, dels också såsom fint stoft från de stjärnfall, som blossa upp och slockna i jordens atmosfär; dessas massa kan uppskattas till omkring 20,000 ton om året. Härur kan man beräkna, att det meteorregn, som nedfaller på solen enligt denna uppskattning uppgår till trehundra miljarder ton årligen. På detta sätt ha sedan oändliga tidsrymder alla solar förlorat materia utåt rymden, och det är tydligt, att några solar nu ej skulle existera, om ingen tillförsel af materia därifrån ägde rum för täckande af förlusten. De kalla solarna hafva jämförelsevis liten förlust men lika stor intäkt af materia, som de varma. Då nu vår sol tillhör de kallare himlakropparna har därför sannolikt bortförseln af materia från solen skattats för högt, då den antagits vara lika stor som tillförseln till solen. Hvarifrån komma nu meteoriterna? Om de ej ständigt nybildades, borde deras antal vara försvinnande litet, ty under tidernas lopp borde de så småningom ha infångats af de större himlakropparna. Det är alls icke

osannolikt, att de bildas genom sammangyttring af småpartiklar, som utkastats från solarna genom strålningstrycket. De så kallade chondrerna, hvilka äro karaktäristiska för meteoriter, ha en struktur, som om de vore sammangyttrade af en massa ytterligt små korn (fig. 32). Nordenskiöld säger: »De allra flesta meteorjärn bestå af en ytterst fin väfnad af olika metall-legeringar . . . Meteorjärnmassan är oftast så porös att den oxiderar sig i luften som en järnsvamp. Pallas-järnet visar efter det stora järnets genomsågning denna för samlaren sorgliga egenskap; likaså järnen från Cranbourne, Toluca m, fl., ja nästan alla meteorjärn på några få undantag när. Allt tyder därpå, att dessa kosmiska järnmassor bildat sig på så sätt, att atom för atom af järn, nickel, fosfor m. m. hopat sig i världsalltet, ungefär som metallatom aggregerar sig vid metallatom vid en metallutfällning på galvanisk väg ur en vätska. Ett snarlikt förhållande äger rum med de flesta stenmeteoriter. Stenen är ofta, på ytans slaggtäcke när, så porös och lös,

att den kan tjäna till filtrersten och lätt låter söndersmula sig mellan fingrarna.» (Studier och forskningar 181.) Då de elektriskt laddade småpartiklarna sammangyttra sig, växer deras elektriska spänning från ett ringa värde (omkring 0,02 volt) för en enstaka partikel. Under inflytande af ultraviolett ljus urladdas sedan dessa meteoritmassor, då de komma i solarnas närhet, såsom Lenard visat. Deras negativa laddning bortgår i form af så kallade elektroner.

Då nu solen genom koronastrålarna förlorar en massa småpartiklar, och dessa enligt Wilsons experiment sannolikt medföra negativ elektricitet, så måste en positiv laddning kvarstanna i de skikt, från hvilka koronastrålarna utgå och, genom afledning därifrån, äfven på solen. Om denna laddning blefve tillräckligt kraftig, skulle den förhindra de negativt laddade partiklarna i koronastrålarna att gå bort från solen, och det skulle bli slut med alla de elektriska företeelser som äro beroende på strålningstrycket. Med tillhjälp af den modärna elektronteoriens resultat har jag beräknat huru stor solens laddning på sin största höjd kan tänkas bli, utan att dessa företeelser inställas. Detta skulle inträffa om solens laddning vore 250 miljarder Coulomb, en ej allt för betydlig elektricitetsmängd, då den endast skulle räcka till för att sönderdela 24 ton vatten.

Genom denna positiva laddning utöfvar solen en oer-

Fig. 32. En järnmeteorit etsad med salpetersyra, hvarigenom strukturen framträder.

hördt stark dragningskraft på alla negativt elektriska partiklar, som komma i dess närhet. Som ofvan sagdt, förlora de till meteoriter sammangyttrade solstoftkornen under inverkan af ultraviolett ljus sin laddning i form af negativa elektroner, ytterligt små partiklar, af hvilka omkring ett tusen stycken väga lika mycket som en väteatom (ert gram väte innehåller omkring 1024 atomer och 1027 elektroner). Dessa elektroner irra omkring i rymden. Komma de i närheten af en positivt laddad himlakropp, sådan som solen, dragas de mot densamma med stor kraft. Om elektronerna röra sig med en hastighet af 300 kilometer i sekunden, såsom vid Lenards försök, och solens laddning är en tiondedel af den förut beräknade maximalladdningen, så förmår solen att suga in till sig alla elektroner hvilkas rätliniga banor, om de ej kröktes af solen, skulle ligga på ett afstånd från solen 125 gånger större än afståndet mellan solen och dess aflägsnaste planet, Neptunus, och 3,800 gånger större än afståndet från solen till jorden, men endast en sextiondedel af afståndet till närmaste fixstjärna. Solen, så att säga, dränerar sin omgifning i afseende på negativ elektricitet och denna dränering tillför solen, såsom man lätt kan visa, en elektricitetsmängd, som står i direkt förhållande till solens positiva laddning. Det är således mycket väl sörjdt för jämvikt mellan inkomst och utgift från solen i elektriskt afseende.

Om en elektrisk partikel kastas ut i ett magnetiskt fält, så beskrifver han en spiral omkring de så kallade magnetiska kraftlinjerna. På större afstånd synes partikeln röra sig i kraftlinjens riktning. De koronastrålar, som utgå från solens poler, visa mycket tydligt en böjning, som mycket påminner om böjningen af kraftlinjerna kring en magnet, och man har af denna grund antagit, att solen förhåller sig såsom en stor magnet, hvars magnetiska poler nära sammanfalla med de geografiska polerna. Äfven koronastrålar närmare äkvatorn visa denna böjning (jfr fig. 25); strålningstryckets bortstötande kraft är emellertid

där riktad vinkelrätt mot kraftlinjerna och öfvervinner den magnetiska kraften, så att korona-strålarna därigenom bringas att bilda två stora borstar gående ut i äkvatorial riktning. Detta är särskildt framträdande vid solfläcks-

minimerna. Vid solfläcksmaximerna synes strålningstryckets kraft och begynnelsehastighet vara så starkt öfvervägande, att den magnetiska kraften gör sig jämförelsevis föga gällande.

Astronomerna säga oss, att solen är endast en stjärna af ringa ljusstyrka, om man jämför den med de klara stjärnor, som väcka vår beundran. Likaså tillhör solen en jämförelsevis kall grupp bland stjärnorna. Det är af denna grund lätt att föreställa sig, att strålningstrycket i dessa stora stjärnors närhet skall transportera vida större mängder materia, än den gör i vårt solsystem. Om nu någon gång de olika stjärnorna bestått af olika kemiska grundämnen, så bör denna olikhet under tidernas lopp ha jämnats ut. Meteorstenarne kunna anses som profkartor på den materia, som samlats ihop från alla möjliga håll i världsrymden. Hvilka kroppar finna vi nu där? I kometer (jfr s. 84) spela järn, natrium, kol, väte och kväfve (i cyan) den viktigaste rollen. Vi veta numera, särskildt genom Schiaparellis undersökningar, att meteoriter ofta äro brottstycken af kometer och därför böra vara besläktade med dem. Så till exempel har Bielas komet, som ägde en omloppstid af 6,6 år, varit försvunnen sedan 1852 — redan 1845 hade den delats i tu — och återfunnits i en meteorsvärm af samma omloppstid, hvilken kommer nära jordbanan den 27 November. Liknande förhållanden äro konstaterade för ett par andra meteorsvärmar. Vi finna också, att nyssnämnda ämnen, som med Spektralanalysen tillhjälp påvisats hos kometerna, äfven utgöra hufvudsakliga beståndsdelar hos meteoriterna. Dessutom äro metallerna kalcium, magnesium, aluminium, nickel, kobolt och krom samt metalloiderna syre, Silicium, svafvel, fosfor, klor, arsenik äfvensom argon och helium viktiga be-

ståndsdelar hos dem. Denna sammansättning påminner mycket om den hos vulkaniska produkter af s. k. basisk natur, det vill säga sådana, som hålla jämförelsevis stora mängder af metalloxider och som på goda grunder anses härstamma från djupare lager i jordens inre. Lockyer glödgade meteorstenar i den elektriska ljusbågen, och fann deras spektrum mycket nära motsvara solens spektrum. Vi draga däraf den slutsatsen att dessa budbärare från andra solsystem, som medföra prof på dessas kemiska beståndsdelar, visa mycket nära släktskap med vår sol och vår jords inre. Att andra stjärnor (och kometer) i hufvudsak äro uppbyggda af samma ämnen som vår sol och vår jord har för öfrigt redan Spektralanalysen visat oss. Men åtskilliga metalloider såsom klor, brom, svafvel, fosfor och arsenik, som spela en stor roll i jordens sammansättning, ha icke blifvit påvisade i himlakropparnas spektra (ej heller i solens). De återfinnas emellertid hos meteoriterna, och det råder ej det ringaste tvifvel om, att de också ingå såsom väsentliga beståndsdelar i solen och de andra himlakropparna. Men dessa metalloider ge endast med svårighet spektra, och detta är uppenbarligen anledningen till, att man ej lyckats påvisa deras förekomst i himlakropparna medelst Spektralanalysen hjälp. Hvad de nyupptäckta så kallade ädelgaserna, helium, argon, neon, krypton och xenon, angår, så har man lyckats påvisa deras närvaro i kromosfären medels spektrum, taget vid solförmörkelser (Stassano). Enligt Mitchell äro dock dessa uppgifter om krypton och xenon ännu något osäkra.

De små stoftkornen, som af strålningstrycket föras ut i rymden åt alla möjliga håll från solar och stjärnor, kunna råka på hvarandra och samlas till större eller mindre aggregat i form af meteorstenar eller kosmiskt stoft. Dessa aggregat kunna dels falla ned på andra stjärnor, planeter, kometer eller månar, dels, och till största delen, sväfva de kring i rymden. Där bilda de jämte större mörka himlakroppar ett slags dimma, som för oss delvis93

skymmer bort ljuset från aflägsna himlabloss. Därför se vi icke hela himlen täckt af lysande stjärnor, såsom fallet skulle vara, om, såsom sannolikt är, stjärnorna äro ungefär likformigt spridda öfver hela världsalltets oändliga rymder, och intet hinder skymde bort dessa ljus från oss. Men om ej några andra himmelskroppar af mycket låg temperatur och stor utsträckning funnes, som upptoge de lysande solarnas värme, så skulle snart de mörka himlakropparna och det mörka kosmiska stoftet och meteoriterna uppvärmas så starkt af solarnas strålning, att äfven de blefve glödande, och hela himlahvalfvet skulle då synas oss såsom ett enda glödande hvalf, hvars heta strålning till jorden snart skulle förbränna allt lefvande.

Dessa kalla himlakroppar, som, utan att själfva uppvärmas, insuga solarnas strålning, äro de så kallade nebulosorna eller töckenstjärnorna. Nyare undersökningar ha visat, att dessa märkvärdiga himlakroppar förefinnas snart sagdt öfverallt på himlahvalfvet. Den underbara mekanism, som möjliggör deras upptagande af

värme, utan att deras temperatur stiger, skall längre fram närmare skärskådas (jfr. s. 158). Eftersom dessa kalla nebulosor upptaga största delen af himmelsrymden, så måste också den största delen af det kosmiska stoftet på sin vandring genom de omätliga rymderna slutligen störta in i dem. Där mötes stoftet af gasmassor, som hejda de inträngande småkropparna. Som stoftet medför elektriska laddningar, hufvudsakligen negativa, anhopas äfven dessa i nebulosornas yttre skikt. Detta pågår ända tills den elektriska spänningen blir så stark, att urladdningen eger rum genom utkastningen af elektroner. Därigenom bringas de omgifvande gaserna att, oaktadt deras temperatur föga, kanske ett 50-tal grader, öfverstiger den absoluta nollpunkten (— 2730 C), lysa, och på detta sätt få vi kännedom om nebulosornas tillvaro. Som de flesta laddade småpartiklarna hejdas, innan de hunnit tränga något djupare in i nebulosorna, är det hufvudsakligen de yttre delarne af världstöcknen, som vit-94

sända ljus till oss. Därmed öfverensstämmer Herschels beskrifning på de planetariska nebulosorna, som ej visa någon större ljusstyrka i sin midt, utan lysa såsom om de utgjorde ett »ihåligt klotformigt skal» af töckenmateria. Nu är det en lätt sak att påvisa att endast de allra mest svårkondenserbara ämnen, såsom helium och väte i nämnvärd mängd kunna existera i gasform vid denna låga temperatur. Därför lysa nebulosorna nästan uteslutande med dessa gasers färger. Dessutom förekommer i nebulosorna ett gåtfullt ämne, töckenmaterien »nebulium», hvars egendomliga ljus ej är återfunnet på jorden eller hos andra himlakroppar. För att förklara detta förhållande antog man förr, antingen att i nebulosorna inga andra kroppar än de nämnda förekomma, eller också att de andra grundämnena i nebulosorna voro sönderdelade i vätgas — helium kände man då icke. Den enkla förklaringen är att endast gaserna i nebulosornas yttre lager lysa, huru deras inre är sammansatt, därom veta vi intet.

Mot denna förklaring har man gjort den invändningen, att enligt densamma hela himlahvalfvet borde lysa med töckenartadt sken, och att äfven jordens yttre atmosfär borde visa detta sken. Nu förekomma emellertid väte och helium endast sparsamt i jordens atmosfär, men denna ger ett annat ljus, nämligen den så kallade norrskenslinjen, som antagligen härrör från krypton. Hvart man än riktar spektroskopet mot himlen en riktigt klar natt, särskildt i tropikerna, iakttager man denna egendomliga gröna linje. Man trodde förr, att densamma var egendomlig för zodiakal-ljuset, men man har vid närmare undersökning funnit den öfverallt på himlahvalfvet, äfven där intet zodiakalljus kan observeras. Den ena invändningen mot ofvannämnda åsikt är således ogrundad; eller snarare, en närmare undersökning visar, att åsikten fullkomligt öfverensstämmer med erfarenheten.

Hvad den andra invändningen beträffar, så måste man däremot göra gällande den anmärkningen, att, för att ett95

ljus skall af oss förnimmas, måste dess styrka öfverstiga ett visst minimalvärde. Nebulosor kunna finnas, och helt visst utgöra de flertalet, hvilka icke af oss iakttagas, emedan antalet laddade småpartiklar, som störta in i dem, är allt för obetydligt. En bekräftelse härpå fingo vi vid uppblossandet af den märkvärdiga nya stjärnan i Perseus den 21—22 Febr. 1901. Från denna stjärna utstöttes två olika sorter af småpartiklar, af hvilka det ena slaget rörde sig utåt med ungefär dubbelt så stor hastighet som det andra. Dessa stoftanhopningar bildade två klotformade skal rundt om den nya stjärnan. De motsvarade i allo de två olika sorter af kometsvansar (af Bredichins första och andra ordning) som stundom iakttagits hos samma komet (fig. 30). När dessa stoftpartiklar stötte mot töckenmassor, som lågo i deras väg blefvo dessa lysande, och vi fingo på detta sätt kännedom om stora stjärntecken, om hvilkas tillvaro vi förut ej haft den ringaste aning. Likartade äro utan tvifvel förhållandena på andra himmelstrakter, där vi hittills icke observerat några töcken, såsom vi tro, på grund af allt för ringa antal där kringströfvande laddade småpartiklar. På likartadt sätt förklaras föränderligheten af några töcken, hvilken förut synts synnerligen gåtfull. V.

Solstoftet i jordens atmosfär; polarsken och jord magnetismens variationer.

Vi ha i det föregående uppsökt verkningarna af de frän solen och stjärnorna utkastade småpartiklarna på aflägsna himlakroppar. Det kan då frågas, om ej vår egen jord påverkas af detta stoft. Det egendomliga sken, som är utbredt öfver himlahvalfvet under klara nätter, ha vi redan anfört såsom en följd af elektriska urladdningar från det infallande stoftet. Detta för naturligt tanken till den frågan, om ej de praktfulla polarskenen, som ju också anses bero på elektriska urladdningar i de högre luftlagren, kunna vara förorsakade af det infallande solstoftet. I självfva verket visar det sig, att vi på detta sätt kunna förklara en hel del egendomligheter hos denna gåtlika

företeelse, som alltid i hög grad tilltalat människornas fantasi.

Vi veta om meteorerna och stjärnfallen, att desamma genom luftens motstånd glödgas upp på en medelhöjd af omkring 120 kilometer, ofta på till och med 150 à 200 kilometers höjd, ja i enstaka fall tror man sig ha iakttagit ännu större höjder, på hvilka de varit synliga. Denna omständighet visar, att märkliga luftmängder ännu finnas på ganska stor höjd, och att atmosfären ej såsom man förr trodde, blir omärklig redan på mindre än 100 kilometers höjd. Det är då naturligt, att vida mindre kroppar, sådana som det ofta nämnda solstoftet, hvilka på grund af sin litenhet, och därmed följande starka afkylning genom strålning och ledning, aldrig nå glödgningstemperaturen,97

hejdas redan på större höjder; låt oss såsom en medelhöjd antaga omkring 400 kilometer.

De stoftmassor, som drifvas bort från solen, kunna vara dels oladdade, dels också laddade med positiv eller negativ elektricitet. Endast de senare kunna stå i samband med norrskenen, de förra falla ned i atmosfären och sjunka sakta ned mot jordytan. De bilda det så kallade kosmiska stoft, om hvars stora betydelse Nordenskiöld var så lifligt öfvertygad. Han uppskattade den årliga tillförseln af meteorer till jorden motsvara minst 10 miljoner ton eller 50 gånger mer an ofvan (s. 88) uppgifvits. Han, likasom Lockyer och i nyaste tid Chamberlin, trodde därför att planeterna till hufvudsaklig del uppbyggts af meteoriter.

Det stoft, som föres till jorden från solen, skulle, om det ej medförde elektrisk laddning, ej uppgå till mer än omkring 200 ton om året. Om också denna mängd är många gånger för lågt beräknad, finner man likväl att tillförseln af materia på denna väg är mycket liten, jämförd med de 20,000 ton, som tillföras jorden genom stjärnfall och meteorer. Men dess verkan är likväl högst betydlig på grund af den ytterligt fina fördelning, i hvilken det förekommer, och det torde i mycket högre grad bidraga till det fint fördelade kosmiska stoftet i de högsta luftlagren än de nedfallande meteoriterna och stjärnskotten göra.

Att dessa partiklar, trots deras jämförelsevis obetydliga massa, utöfva ett märkbart inflytande på jordiska förhållanden beror dels därpå, att de äro ytterst små och därför, likasom stoftet från Krakatoa, länge — delvis under mer än ett års tid — hållas sväfvande i luften, dels också på deras elektriska laddningar.

Deras verkningar på jorden kunna iakttagas genom undersökning af, huru förhållandena på jorden bero på jordens ställning till olika aktiva delar af solen och på solens egen ändring i afseende på utsändande af stoftpartiklar. För denna undersökning måste vi begagna oss af

statistiska data i stor utsträckning, ty endast genom långa serier af iakttagelser kan man få ett tydligt begrepp om solstoftets verkan.

Dessa småpartiklar föra äfven med sig från solen de gaser, som de förmått att kondensera på sin yta och hvilka ursprungligen funnits i solens kromosfär och korona. Bland dessa spelar vätgasen, och därnäst helium och de öfriga ädelgaserna, som Ramsay påvisade i luften, hufvudrollen. Dessa gaser finnas också, fastän i ringa mängd i jordens atmosfär. Angående vätgasen anmärka Liveing och efter honom Mitchell, att den icke produceras på jorden. — Visserligen finnes vätgas stundom i vulkaners gaser, så t. ex. strömmar den ut ur kratern Kilauea på Hawai, men den förbrinner genast i luften. — Om den finnes i atmosfären, måste den småningom förenas med dess syrgas till vatten, således blir ej annat öfrigt än att antaga, att den i ringa mängd tillföres från annat håll, nämligen från solen. Mitchell ser i denna omständighet ett kraftigt stöd för åsikten, att solstoft nedfaller i luftkretsen.

Man har länge iakttagit en egendomlig företeelse hos lufttrycket i tropikerna nämligen dess 12-timmars variation. Denna är därstädes så starkt utpräglad, att man där kan använda barometern såsom ur. Längre bort från äkvatorn försvagas effekten betydligt och undanskymmes af operiodiska störingar. Dess maximum uppgår till 1 milimeter öfver medelbarometerstånd och inträffar omkring klockan 10 före och efter middagen; det motsvarande minimet inträffar klockan 4.

Huru detta fenomen beror på de yttre omständigheterna synes af följande tabeller.

Geografisk bredd 0 10 20 30 40 50 6o°

Variation (Amplitud) 0,98 0,92 0,81 0,65 0,46 0,27 0,09 m. m.

Amplituden anger halfva den dagliga förändringen, så att den utgör medeltalet af de fyra värden, som ange de två maximas och de två minimas afvikelse från baro-99

metermedelståndet. Fenomenet aftar mycket hastigt mot polerna.

Årsvariationen framgår af följande tabell för observationsorter belägna på 1) 10° n bredd 2) 22,30 s. br. 3) 410, 52' n. br. (Rom) och 4) 590, 52' n. br. (Uppsala).

Jan. Febr. Mars. Apr. Maj. Juni. Juli. Aug. Sept. Okt. Nov. Dec. År.

1) 0,79 0,80 0,88 0,82 0,73 0.65 0,65 0,69 0,75 0,78 0,82 0,79 0,76

2) 0.65 0,68 0,70 0,68 0,64 0,61 0,63 0,66 0,72 0.72 0,67 0,66 0.67

3) 0,30 0,33 0,35 0,32 0,29 0,26 0,26 0,30 0,35 0.36 0,33 0,29 0,31

4) 0,13 0,11 0,15 0,16 0,14 0,13 0,13 0,14 0.17 0,15 0,11 0,10 0,13

Man finner tydligt utprägladt ett maximum vid vår-och ett vid höst-dagjämningen, med däremellan liggande minima i December och Juni. Denna period är egendomlig för ändringen af den mängd solstoft, som faller ned i jordens atmosfär och som vi återfinna hos perioderna för polarskenen och de magnetiska störingarna.

Den stora regelbundenheten hos denna företeelse, jämförd med de starkt utpräglade lokala egendomligheterna hos öfriga meteorologiska fenomen, häntyder på att den försiggår i så höga luftskikt, att inflytandet af fördelningen af land och haf ej förmår utöfva någon störande inverkan. Detta motsvaras af det förhållandet, att solstoftet hejdas på mycket stora höjder, bortåt 300 a 400 kilometer.

Den dagliga gången är äfven mycket regelbunden. Minimet efter middagen (kl. 3,45) är i närheten af äkvatorn ojämförligt starkast och äfven dagsmaximet är starkare än maximet före midnatt. Detta häntyder på att verkan kommer från solen. D:r Jansson har på grund af de fransk-skandinaviska observationerna af högre luftskikt vid Hald funnit, att en temperaturstegring i de högre luftlagren åtföljes af en minskning i lufttrycket. Detta bör således ha sitt minimum en stund efter middagen, då solen genom solstoftet uppvärmt de högre luftlagren till deras maximitemperatur. Sedan sjunker temperaturen och nås kvällsmaximet hos lufttrycket kl. 10 e. m. Den iakttagna

ändringen under natten anses af många bero på ett slags dyning efter dagsvågen. Den är också betydligt mindre än dagsvariationen. Att middagsminimet på punkter, som ligga längre från äkvatorn (6o° bredd), ej blir så djupt, beror utan tvifvel på tillströmningen af luft från de starkt uppvärmda, närmare äkvatorn belägna, trakterna.

Mängden solstoft, som faller in i luftkretsen, bör naturligtvis förändra sig och löpa parallellt med solens eruptiva verksamhet. Stoftmängden i de högre luftskikten har inflytande på solljusets färg. Efter vulkanen Rakatas på Krakatoa utbrott 1883 och, fastän i ringare grad, efter Mont Pelées på Martinique utbrott 1902 iakttog man det så kallade röda skenet. Samtidigt visade sig en annan företeelse, som kvantitativt kan mätas. Himlaljuset är polariseradt utom i några få punkter, bland hvilka en, den så kallade Aragos punkt, liggande något ofvanför solens motpunkt och en annan, Babinets punkt, liggande något ofvanför solen, äro de viktigaste. Om man bestämmer dessa punkters höjd öfver horisonten vid solnedgången finner man i öfverensstämmelse med de teoretiska förutsägelserna att denna är större, då de högre luftlagren äro fulla af stoft, såsom efter Rakatas utbrott, än under normala förhållanden. Busch, en tysk forskare, undersökte dessa punkters medelhöjd (i båggrader) vid solnedgången och fann följande egendomliga siffror:

År 1886 87 88 89 90 91 92 93 94 95 Medeltal

Aragos punkt 20,1 19,7 18,4 17,8 17,7 20.6 19,6 20,2 20,7 18,8 19,4 Babinetspunkt 23,9 21,9 17,9 26,8 15,4 23,3 21,4 24,2 23,3 19,0 20,7 Solfläckar ant. 25,1 19.1 6,7 6,1 6,5 35,6 73,8 84,9 78,0 63,9 40,0

Det är en alldeles tydlig öfverensstämmelse i gången af dessa siffror. Nästan samtidigt med solfläcksmaximet når

också de båda s. k. neutrala punkternas höjd öfver horisonten vid solnedgången ett maximivärde och liknande förhållanden gälla för minimivärdena. Måhända komma företeelserna i lufthafvet någon tid senare än de orsakande företeelserna på solen, såsom naturligt är.

Då luften är rik på stoft, och äfven då den ioniserats i hög grad af katodstrålar, äro förhållandena gynnsamma för molnbildning. Detta senare kan man exempelvis iakttaga vid norrsken, som så regelbundet efterföljas af karaktäristiska molnbildningar, att Adam Paulsen med hjälp af dessa moln förmådde iakttaga norrsken midt på ljusa dagen. En öfversikt af sammanhanget mellan de högre molnens — de så kallade fjädermolnens frekvens i Köln och solfläckarnas antal under perioden mellan 1850 och 1900 gaf Klein. Han visade, att under denna tid, som omfattar öfver fyra solfläcksperioder, maxima af solfläckar falla under de år, då största antalet fjädermoln iakttagas. På samma sätt inträffa minima i de båda företeelserna samtidigt.

Äfven på Jupiter synes en liknande starkare molnbildning äga rum, då många solfläckar observeras. Vogel anmärker, att vid sådana tillfällen Jupiter lyser med mera hvitt sken, då han däremot vid solfläcksminima synes djupare röd. Ju djupare man kan skåda in i Jupiters atmosfär, dess rödare synes planeten. Vid stark solverksamhet fyllas således de högre delarna af Jupiters atmosfär med moln.

Urladdningen inom luftkretsen af det laddade solstoftet ge anledning till polarskenen.

Polarskenen förekomma, såsom namnet antyder, ymnigast i trakter nära jordens poler. De äro dock ej desto vanligare ju närmare man kommer polerna, utan nå maximum i frekvens längs ringar, som innesluta de magnetiska och geografiska polerna. Det norra maximibältet går öfver Cap Tscheljuskin, norra Novaja Semlja,längs Norges nordvästra kust, några grader söder om Island och Grönland, midt öfver Hudson bay och öfver Alaskas nordvästspets. Därifrån afta norrskenen hastigt åt söder, så att de i Stockholm äro 5 och i Berlin 30 gånger sällsyntare än i Lappland.

Paulsen indelar norrskenen i två klasser, som i många afseenden förhålla sig ganska olika. Den stora svårighet,

som hittills varit förknippad med lösningen af Polarskensproblemet, synes till stor del härröra från den omständigheten, att man velat behandla alla polarsken såsom vore de af samma slag.

Den första klassens polarsken ha inga norrskensstrålar. De intaga en mycket stor plats på himmelen i horisontel led. De äro mycket lugna och äfven deras ljus är mycket stadigt. De närma sig i allmänhet långsamt mot

Fig. 33. Bågformade norrsken iakttagna af Norden-

skiöld under Vegas öfvervintring nära Behrings

sund 1879—80.

zenith. De åtföljas ej af några magnetiska störingar. Dessa norrsken ha vanligen formen af en båge, hvars höjdpunkt är belägen i den magnetiska meridianens riktning (se fig. 33). Stundom ligga flera bågar öfver hvarandra. Nordenskiöld observerade under polarnatten, då han öfvervintrade i närheten af Behrings sund vid Pitlekaj, ganska regelbundet dessa bågar. Adam

Paulsen har ofta iakttagit dem på Island och Grönland, som ligga inom det nyssnämnda maximibältet och där norrsken äro mycket vanliga. Stundom förekomma de äfven i trakter närmare äkvatorn, såsom mjölkhvita cirkelbågar, som stundom stå ganska högt på himlahvalfvet. Någon gång iakttar man i de arktiska trakterna att stora sträckor på himlen äro täckta af ett diffust ljus, som kunde närmast förliknas vid ett genomskinligt lysande moln. I detta synas inströdda mörkare partier, hvilkas dunkelhet troligen beror på kontrastverkan. Sådana observerades rätt ofta vid Cap Thordsen af den svenska expeditionen år 1882

Fig. 34. Norrskensstrålar.

-1883.

Rätt ofta har man, särskildt i arktiska trakter, iakttagit ljusmassor som sväfvat i luften på så liten höjd, att de skymt bort bakomliggande bergväggar. Så såg Lemström ett norrsken på Spetsbergen framför en endast 300

meter hög bergvägg. I norra Finland observerade Lemström norrskenslinjen i ljuset från luften framför en några meter aflägsen svart duk. Adam Paulsen räknar äfven dessa företeelser till polarsken af första klassen och anser dem vara fosforescerande moln, som genom luftrörelser kommit ovanligt djupt ned i atmosfären. Den andra klassens norrsken, utmärka sig genom de karaktäristiska norrskensstrålarna. Stundom kunna dessa strålar vara isolerade ifrån hvarandra (se fig. 34), i de flesta fall sammansmälta de, särskildt nertill, i form af draperier, som vanligen äro mycket rörliga och synas fladdra för vinden (se fig. 36). Strålarna löpa mycket nära i in-

klinationsnålens riktning, och, då de utveckla sig i stor myckenhet rundt kring himlahvalfvet, framträder deras konvergenspunkt på detta mycket tydligt i form af den s. k. koronan (se fig. 35). Då norrskenet är som kraftigast, genomlöpes det af starka ljusböljor.

Draperierna äro mycket tunna. Paulsen iakttog stundom (på Grönland), huru de gingo fram öfver hans hufvud. De syntes då i förkortning och hade formen af veckade ljusstrimmor eller band. Dessa polarsken påverka magnetnålen. Då de passera genom zenit, ändras deras inverkan, så att magnetnålens afvikning öfvergår från östlig till västlig, om bandet rör sig från norr t\\\ söder. Häraf slöt Adam Paulsen, att i strålarna negativ elektricitet, katodstrålar, rör sig uppifrån och nedåt.

Dessa polarsken motsvara häftiga förskjutningar af negativ elektricitet, medan de förutnämnda polarskenen af första klassen synas bestå af en fosforescerande materia, som ej är i någon starkare rörelse. Strålarna kunna stiga ned i tämligen nära jordytan belägna luftmassor, åtminstone i trakter som ligga nära norrskenets maximiring. Så iakttog Parry i Port Bowen (73° n. br.) en norrskensstråle framför en strand af endast 214 meters höjd.

Norrsken af det första slaget kunna öfvergå till sådana af det andra och tvärtom. Man iakttar ofta, huru strålar plötsligt skjuta ut ur norrskensbågen nedåt, och, om norrskenet är starkt, äfven uppåt. A andra sidan kunna de häftiga rörelserna i ett draperinorrsken aftaga och lämna

Fig. 35. Norrskens-korona observerad på Spetsbergen 1883.

plats för ett diffust stadigt ljus på himlahvalfvet. Polarskenen af den första klassen observeras hufvudsakligen i de arktiska trakterna. Deras motsvarighet i längre från polen belägna trakter är det diffusa ljus, som synes likformigt utbredt på himlahvalfvet och som ger norrskenslinjen.

De polarsken som vanligen observeras (utom af deltagare i arktiska expeditioner) tillhöra den andra klassen och alla de, som äro innefattade i nedan gifna statistik, utom de från Island och Grönland, tillhöra strålningsnorr-

Fig. 36. Draperinorrsken observeradt i norra Norge.

skenen. Medan strålningsnorrskenen mycket tydligt följa 11,1-årsperioden, så att de uppträda mycket oftare, då antalet solfläckar är stort, är detta enligt Tromholt ej fallet med norrskenen från Island och Grönland, utan tvärtom synes deras antal vara tämligen oberoende af antalet solfläckar. Ofta äro de mot solfläcksmaxima svarande polarskensmaxima tudelade af ett sekundärt minimum. Detta fenomen är tydligast i nyssnämnda polarländer, men framträder äfven i statistiken från Skandinavien och andra länder. För att nu rätt förstå norrskenets natur, må vi betrakta

solkoronan från ett minimiår t. ex. 1900 (jfr fig. 25). Korona-strålarna i närheten af solens poler böjas åt sidan genom de magnetiska kraftlinjernas på solen inverkan. De små negativt laddade dropparne ha tydligen endast ringa hastighet, så att de mycket nära följa kraftlinjerna i sol-polernas närhet och därigenom samlas ned mot äkvatorn. Där ligga kraftlinjerna mindre tätt, det vill säga de magnetiska krafterna äro här svagare, och solstoftet kan därför af strålningstrycket drifvas ut i en stor skifva längs solens äkvatorialplan. Denna skifva synes från oss såsom två stora kvastar, som stå ut från soläkvatorn i dennas riktning. En del af detta solstoft kommer i jordens närhet och lider då naturligen en inverkan af jordens magnetiska kraftlinjer, så att de skiljas åt i två knippor som stråla in mot jordens båda magnetiska poler. Dessa ligga ett stycke in i jorden och därför koncentreras ej alla strålarna till den magnetiska polen på jordytan. Det är naturligt, att eftersom de negativt laddade partiklarna komma från solen, de skola hufvudsakligen strömma in mot en trakt belägen något söder om den magnetiska nordpolen, då denna har middag. Då den magnetiska nordpolen har midnatt, fattas de flesta laddade partiklarna

af kraftlinjerna, innan partiklarna gått förbi den geografiska nordpolen och därför kommer maximibältet för norrskenen att omgifva den magnetiska och den geografiska polen såsom ofvan nämnts (jfr s. 101).

Det negativt laddade solstoftet koncentreras följaktligen i två ringar öfver norrskenens maximihalten och ger anledning till ett fosforescerande sken, då det träffar luftmolekyler, alldeles så som när de träffas af de elektriskt laddade partiklarna från radium. Detta fosforescerande sken synes såsom en lysande båge på omkring 400 kilometers höjd, och denna båges höjdpunkt synes ligga åt det håll, där maximibältet ligger närmast observationsorten, hvilket tämligen nära sammanfaller med magnetnålens riktning.

Helt annorlunda förhåller sig solkoronan under maximi-

år för solfläckarna. Dess strålar gå rätt ut från solen i nästan alla riktningar, och om några riktningar synas ha företräde, är det de som äro belägna rätt öfver solfläcksbältena. Solstoftets hastighet är tydligen allt för stor, för att dess utströmningsriktning skulle i märkbar grad böjas af solens magnetiska kraftlinjer. Följaktligen kommer detta laddade solstoft att i dylika fall ej heller påverkas i någon högre grad af jordmagnetismens kraftlinjer utan att falla ned hufvudsakligen i de delar af atmosfären, som äro starkast belysta. Då dessa hårda solstoftsstrålar* synas utgå från solfacklorna, som förekomma ymnigast under år af många solfläckar, så inträffa polarsken i trakter som ligga långt från polarskensringarna hufvudsakligen då antalet solfläckar är stort. Förhållandet med de »mjuka» solstoftsstrålar, som falla in vid polarskenens maximibälten är omvändt. Dessa strålar förekomma ymnigast, då antalet solfläckar är ringa, såsom iakttagelserna på solkoronan visar. (Möjligen ryckas de under maximiår med af de hårdare strålarna.) De polarsken, som motsvara dessa strålar, få därför ett maximum, då solfläckarna äro få. Naturligtvis förekomma »hårda» och »mjuka» stoftstrålar samtidigt, men de förra äro förhärskande under solfläckarnas maximiår, de senare under deras minimiår.

Att polarskenens periodicitet i icke-arktiska trakter mycket nära följer solfläckarnas, är kändt allt sedan Fritz 1863 påvisade detta förhållande. Periodlängden är ganska växlande mellan 7 och 16 år, i medeltal omfattar den 11,1 år. Årtalen för maxima och minima af solfläckar och norrsken äro följande:

Maximiår. Solfläckar 1728 39 50 62 70 78 88 1804 16 30 37 48 60 71 82 93 1905 Norrsken 1730 41 49 61 73 78 88 1805 19 30 40 50 62 71 82 93 1905

* Beteckningen »hårda» och mjuka» solstoftsstrålar motsvara de likartade beteckningarna hos katodstrålarna. De »mjuka» strålarna ha mindre hastighet och afböjas därför starkare af yttre krafter till exempel af magnetiska krafter,

Minimiår. Solfläckar 1734 45 55 67 76 85 98 1811 23 34 44 56 67 78 89 1900 Norrsken 1735 44 55 66 75 83 99 1811 22 34 44 56 66 78 89 1900

Dessutom förekomma, såsom redan De Marian påvisade i sitt klassiska arbete af år 1746, längre perioder som återfinnas i såväl solfläckarnas antal som i norrskenens. Enligt Hansky är denna periods längd 72 år, enligt Schuster 33 år. Starkt utpräglade maxima förekommo i början och slutet af 1700-talet, det sista år 1788, hvarefter norrsken voro ytterst sällsynta åren 1800—1830 likasom en tid vid midten af 1700-talet. 1850 och särskildt 1871 voro starka maxima, som sedan saknats.

Beträffande polarskenens höjd finna vi i litteraturen högst olikartade uppgifter. Den synes i allmänhet vara desto större, ju närmare äkvatorn observationsorten är belägen, hvilket ju synnerligen väl öfverensstämmer med katodstrålarnas ringa nedböjning mot jordytan i de längre från polen belägna trakterna. Gyllenskiöld fann på Spetsbergen en medelhöjd af 55 kilometer, Bravais i nordligaste Norge 100 — 200 km., De Marian för Centraleuropa 900 km., Galle återigen 300 km. Paulsen har på Grönland observerat mycket låga norrsken, på Island fann han för norrskensbågarnas topp-punkt hvilken väl bör betraktas som norrskenets utgångspunkt omkring 400 kilometer. Dessa höjder, hvilka väl enligt äldre bestämningar äro ganska osäkra, äro ungefär af den storleksordning som man kunde förmoda motsvara den höjd på hvilken solstoftet borde hejdas af jordens luftkrets.

Polarskenen besitta äfven en utpräglad årlig period hvilken lätt kan förklaras med hjälp af solstoftsteorien. Såsom

vi ofvan sett förekomma fläckarna på solen endast sällan i närheten af solens äkvator, och detsamma gäller för facklorna. De tilltaga hastigt i mängd för högre sollatituder och nå ett maximum vid ungefär 150 sollatitud. Solens äkvatorialplan lutar omkring 7 grader mot jordens banplan. Jorden befinner sig i solens äkvatorialplan den

6 December och den 4 Juni och längst därifrån 3 månader senare. Man bör därför vänta, att antalet solstofts-partiklar som träffa jorden bör ha ett minimum, då jorden befinner sig i dess äkvatorialplan i December och Juni och maxima i Mars och September. Dessa förhållanden störas något af skymningsljuset, som i de polära trakterna förhindrar iakttagelser af polarsken under de ljusa sommarnätterna, medan däremot de mörka vinternätterna gynna iakttagandet af dessa svaga ljusfenomen. Fördelningen af polarskenen under olika tider af året framgår af följande af Ekholm och mig uppgjorda statistik.

	Sverige 1883—96	Norge 1861—95	Island och Grönland 1872—92	Nord.-Am. Förenta St. 1871—93	Södersten 1856—94
Januari	IO56	251	804	IOO5	56
Februari	"73	331	734	1455	126
Mars	1312	835	613	I396	183
April	568	90	128	1724	148
Maj	170	6	1	1270	54
Juni	10	0	0	1061	40
Juli	54	0	0	1223	35
Augusti	191	18	40	1210	75
September	1055	209	455	1735	120
Oktober	1114	353	716	1630	192
November	1077	326	811	1240	112
December	940	260	863	912	81
Medeltal	727	181	430	1322	102

I trakter där skillnaden mellan dagens och nattens längd ej är allt för stor under olika delar af året, såsom enligt ofvanstående tabell, i Nordamerikas Förenta Stater och i trakter, i medeltal omkring 400 sydlig bredd, där södersken observerats, faller hufvudminimet under vintern, i December på norra, i Juni eller Juli på södra halfklotet och ett svagare utprägladt minimum inträffar under sommaren. Af de tider, under hvilka jorden går genom solens äkvatorialplan och då ett minimum af solstoft faller ned på jorden, är den utmärkt genom en större polarskensfrekvens, under hvilken solen står högst på himmelen. DettaI

är hvad man har rätt att vänta, ty det mesta solstoftet faller ned på de världsdelar, öfver hvilka solen står högst vid middagstiden. De båda maxima i Mars eller April och September eller Oktober då jorden är längst aflägsnad från solens äkvatorialplan äro starkt utpräglade i alla serierna utom den för polarländerna Island och Grönland. Där bestämmes polarljusfrekvensen endast af skymningsljusets styrka, så att ett enda maximum faller i December det motsvarande minimet i Juni. Nyare statistik (1891 — 1903) ger dock ett minimum i december. Af samma orsak blir sommarminimet i de på hög breddgrad liggande länderna, såsom Sverige och Norge, mycket lågt.

Af likartade grunder är det på de flesta orter synnerligen svårt att angifva polarskenens dagliga period. Det mesta solstoftet faller ned vid middagen, och de flesta polarskenen borde inträffa några timmar därefter, liksom den högsta dagstemperaturen infaller något efter middagen; på grund af den starka solbelysningen under dagen kan man icke observera detta maximum annat än i polartrakternas vinternatt, och då först om man inför en korrektion för skymningsljusets störande inflytande. På detta sätt fann Gyllenskiöld för Kap Thordsen på Spetsbergen ett

norrskensmaximum klockan 2,40 e. m. Motsvarande minimum inföll klockan 7,40 förmiddagen. På andra orter kan man endast konstatera, att polarskenen äro kraftigare och vanligare före än efter midnatt. Maximet inträffar i mellersta Europa omkring kl. 9 e. m., i Sverige och i Norge (6o° n. bredd) 1/2 à 1 timme senare.

Hos polarskenen har man äfven funnit ett par andra perioder af omkring en månads längd. Den ena räckande 25,93 dygn framträder särskilt hos söderskenen, där maximet ligger 44 proc. öfver medeltalet, för norrsken i Norge är siffran 23 proc. för sådana i Sverige endast 11 proc* Denna period var förut påvisad hos en hel del andra

• Detta beror på att i de sydliga trakterna endast mycket få, och hufvudsakligen starka, polarsken bli registrerade. Observe-

företeelser, särskildt magnetiska, som, såsom vi nedan skola se, stå i närmaste sammanhang med norrskenen, men äfven hos åskväder och lufttryck. Man har sedan länge ansett denna växling stå i sammanhang med solens rotation. Österrikaren Hornstein gick till och med så långt, att han föreslog bestämmandet af denna periods längd, såsom gifvande »ett noggrannare värde på solens omloppstid än de direkta bestämningarne». Vi veta numera, att denna är olika på olika bredder, ett förhållande, som redan var välbekant för Carrington och Sporer på grund af solfläckarnas rörelse på olika latitud, men som säkrast fastställts genom Dunérs spektroskopiska mätningar af sol-fotosfärens rörelse. Dunér fann följande sideriska omloppstider, som motsvaras af de bredvid skrifna synodiska omloppstiderna, för gifna latituder på solen. — Med siderisk omloppstid hos en punkt på solen menar man den tid som förgår mellan två ögonblick, i hvilka en gifven stjärna passerar genom punktens meridianplan, det vill säga det genom solens poler och punkten i fråga gående planet. Den synodiska omloppstiden bestämmes af jordens passage genom sagda meridianplan. På grund af jordens rörelse i sin bana är den synodiska omloppstiden längre än den sideriska —.

Breddgrad på solen o 15 30 45 69 75 grader. Siderisk omloppstid 25,4 26,4 27,6 30,0 33,9 38,5 dygn. Synodisk omloppstid 27,3 28,5 29,9 32,7 37,4 43,0 dygn.

Detta förhållande med solens fotosfärs omloppstid och liknande vid fläckars, facklors och protuberansers omloppstider, att de växa betydligt med latituden, är en bland solarfysikens mest gåtfulla företeelser. Något liknande äger också rum för molnen på Jupiter, men skillnaden är där betydligt mindre, endast omkring i procent. Molnen i jordens atmosfär förhålla sig på alldeles motsatt

rar man mycket flitigt på flera ställen öfver ett stort land, kan man finna polarsken nästan hvarje natt Därigenom utplånas till stor del den nämnda växlingen.

sätt, hvilket också lätt förklaras ur den atmosfäriska cirkulationen.

I vårt förevarande fall kan naturligtvis endast solens ställning till jorden, det vill säga den synodiska omloppstiden, vara af någon betydelse. Vi se då, att periodlängden 25,93 dygn alls icke öfverensstämmer med någon omloppstid af solens fotosfär. Minsta skillnaden inträffar för solens äkvator, och det vore ju rimligt, att vi räkna med denna, då jorden aldrig i högre grad aflägsnar sig från solens äkvatorialplan och för öfrigt periodiskt återkommer dit två gånger årligen.

Nu inträffar en annan egendomlighet nämligen, att ju högre upp i solens atmosfär en punkt är belägen dess kortare är hans omloppstid. Så är facklornas synodiska omloppstid vid soläkvatorn i medeltal 26,06, fläckarnas 26,82 och fotosfärens 27,3 dygn. Högre liggande facklor rotera ännu hastigare, och vi komma sålunda till den slutsatsen, att den omtalade periodlängden öfverensstämmer med och därför sannolikt är betingad af de högre liggande facklornas i solens äkvatorialtrakt omloppstid. Detta öfverensstämmer fullkomligt med våra begrepp om solens fysik. Ty det är i de uppstigande gasströmmarna, som facklorna bildas på något mindre höjd än de små droppar som drifvas ut af strålningstrycket, hvilket också är kraftigast i facklornas närhet. Det är också af denna grund, som utstötningen af solstoft blir kraftigast, då facklorna nå en stor utveckling, det vill säga vid tider af stor eruptiv verksamhet på solen då också solfläckar äro vanligast.

Vi kunna knappast föreställa oss något annat än, att vid sådana tillfällen af stor eruptiv verksamhet på solen dess

strålning är starkare än vid lågt fläckantal. Detta synes också bestyrkas af några direkta observationer angående solstrålningens styrka utförda i Kijeff af Saveljeff. Däremot synes emellertid en annan iakttagelse strida, hvilken undersökts af Köppen. Denne fann, att i tropiska trakter temperaturen vid solfläcksmaxima är 0,32

grader lägre än i medeltal, däremot fem år senare, ett år före solfläcksminimum, når sitt högsta värde, 0,41 grader öfver medeltalet. Äfven i andra trakter äger en likartad egendomlighet rum, men den framträder på grund af störande omständigheter mycket mindre regelbundet än i tropikerna. En fransk fysiker, Nordmann, har i allo bekräftat Köppens iakttagelser. Däremot fann Very, en amerikansk astronom, att temperaturen i mycket torra (öken-)trakter i tropikerna (Port Darwin 12°, 28 sydl. br. och Alice Springs 230, 38 s. br., båda i Australien) är högre vid solfläcksmaxima än vid minima. (Vid sin undersökning har Very fäst sig endast vid maximi- och minimi-termometrarnas angifvelse.) Det synes därför som om solstrålningen verkligen vore större vid högre antal solfläckar.* Detta framträder emellertid endast i ytterst torra trakter, där ingen nämnvärd molnbildning äger rum; i andra trakter störes det enkla fenomenet genom den starkare molnbildningen vid fläckmaxima. Molnbildningens afkylande verkan synes i dylika fall betydligt öfverstiga den direkta värmande verkan af solstrålarna, och på detta sätt blir Köppens resultat förklarligt. Om man kunde iakttaga temperaturen i ofvan molnen belägna luftskikt, skulle dennas växling otvifvelaktigt utfalla på samma sätt som i öknen.

Vi hafva slutligen en annan period i polarskensfenomenet, nämligen den så kallade tropiska månaden, hvars längd är 27,3 dygn. Denna periods natur är af mera obekant art, möjligen beror densamma på månens elektriska laddning. Denna period har den egendomligheten, att den verkar i motsatt led på norra och på södra halfklotet. När månen står öfver horisonten synes den förhindra polarsken. I detta fall måste hänsyn tagas till störingar, förorsakade af månljuset.

* Enligt Memery (Bull Soc. Astr. 7 Mars 1906 p. 168) åtföljes hvarje framträdande af en solfläck af en ögonblicklig temperaturstegring, dess försvinnande af en temperatursänkning.

Man har länge, sedan Celsius' och Hiorters iakttagelser år 1741, känt till, att norrskenen utöfva inflytande på magnetnålens ställning, och man har ur denna omständighet dragit den slutsatsen, att polarskenen bero på elektriska urladdningar, som också påverka magnetnålen. Dessa magnetiska verkningar ha den stora fördelen framför polarskenen, att deras iakttagelse ej störes af solljuset och månskenet. Som ofvan nämndt tillhör denna magnetiska egenskap endast de »strålande» polarskenen.

Dessa magnetiska variationer ha alldeles samma perioder som polarsken och solfläckar. Hvad till en början den långa perioden om 11,1 år angår, så visa observationerna att de så kallade störingarna, plötsliga ändringar i magnetens ställning, troget afspegla solfläckarnes variationer. Detta sammanhang upptäcktes redan 1852 af Sabine i England, Wolf i Schweiz och Gautier i Frankrike. Men äfven den jämna dagliga variationen i magnetnålens ställning är underkastad samma period. En magnetnål pekar med sin nordända åt norr, i våra trakter med någon afvikning åt väster. Denna västliga afvikning är störst strax efter middagen, omkring klockan 1 e. m. Denna dagliga växling är större på sommaren än på vintern och ändringen i magnetens stånd är större om dagen än om natten. Det är således uppenbart att en solverkan här föreligger. Detta blir ännu tydligare, om man iakttar den dagliga variationens ändring med solfläckarnas antal. I nedanstående tabell är denna ändring af deklinationen i Prag angifven för åren 1856—1889, hvarvid endast år med maxima och minima af solfläckar och af magnetisk variation uttagits.

År 1856 1860 1867 1871 1879 1884 1889

Solfläckstal 4,3 95,7 7.3 139,1 3,4 63,7 6,3

År.........._............ 1856 1859 1867 1871 1878 1883 1889

Daglig variation i deklinationen

obs. 5,98 10,36 6,95 11,43 5,65 8,34 5,99 ber. 6,08 10,20 6,22 12,15 6,04 8,76 6,17

Som man ser, sammanfalla åren för maxima och minima i de båda fenomenen mycket nära med hvarandra.

Öfverensstämmelsen är så påtaglig, att man kan beräkna den dagliga variationen såsom växande proportionel med solfläckstalet, såsom synes af tabellens två sista rader.

Den årliga variationen är alldeles densamma som för polarskenen, hvilket synes af följande tabell angifvande störingarna i magnetisk deklination, horisontalintensitet och vertikalintensitet i Toronto, Canada, och medeltalet för dessa tre storheter för Greenwich. Såsom enhet har tagits medelvariationen under året.

Månad Jan. Febr. Mars. April. Maj. Juni. Juli. Aug. Sept. Okt. Nov. Dec.

Toronto, Dekl, 0,57 0,84 1,11 1,42 0,98 0,53 0,94 1,16 1,02 1,31 0,78 0,76

» Hons. 0,56 0.94 0,94 1,50 0,90 0,36 0,61 0,75 1,71 1,48 0,98 0,58

» Vert. 0,57 0,74" 1,08 1,49 1,12 0,50 0,71 1,98 1,61 1,29 0,75 0,61 Greenwich, Med. 0,93 1,23 1,22 1,09 0,81 0,71 0,81 0,90 1,15 1,18 1,02 0,83

Störingarnas dagliga variation är beräknad af van Bemmelen för tiden 1882—1893 och observationsorten Batavia på Java. Maximet inträffar kl. 1 e. m. och är 1,86 gånger större än medeltalet för dagen, minimet 0,48 inträffar kl. 11 på kvällen. Från klockan 8 på aftonen till klockan 3 på morgonen äro störingarna nära lika sällsynta som kl. 11 e. m.

Variationen är störst hos deklinationen som når maximet 3,26 kl. 12 midd. och minimet 0,14 kl, 11 på kvällen.

Äfven den af Hornstein först undersökta perioden om nära 26 dagar har af flera forskare såsom Hornstein, Broun, Liznar och C. A. Muller påvisats hos de magnetiska variationerna och störingarna. Schuster anser emellertid att bevismaterielet ännu är allt för ringa.

Äfven månen har, om ock obetydligt, inflytande, på magnetnålen, såsom Kreil redan 1841 påvisade. Inverkan är motsatt på södra och norra halfklotet och motsvarar ett slags ebb- och flod-fenomen.

Solens ultravioletta strålar absorberas starkt i luftenn6

och åstadkomma därvid en ionisation hos luftmolekylerna. Denna ionisation är i allmänhet större på större höjd. De uppåtstigande luftströmmarna medföra vattenånga, som kondenserar sig företrädesvis på de negativa ionerna. På detta sätt bli de flesta moln negativt laddade, såsom redan Franklin genom drakförsök påvisade. Den återstående luftmassan, sedan regndropparna fallit ned, blir positivt laddad, såsom man funnit vid ballonguppstigningar. De moln, som bildas på största höjd, bli starkast laddade; därför inträffa åskvädren öfver land mest på sommaren. Äfven åskvädren visa 26-dygnsperioden, såsom Bezold (för Sydtyskland) och Ekholm och jag (för Sverige) påvisat.

På detta område och särskildt angående de magnetiska fenomenen finnes ett oerhördt stort material från de olika meteorologiska stationerna samladt, hvilket väntar på bearbetning.

Oaktadt några observatörer såsom Sidgreaves tvifla på ett nära sammanhang mellan solfläckar och norrsken eller magnetiska störingar, i det man observerat starka solfläckar på solskifvan utan att de, då de voro jorden närmast, åstadkommo någon magnetisk effekt, så torde dock flertalet vara af den åsikten, att de magnetiska störingarna förorsakas af solfläckarna, då dessa passera solens mot jorden liggande meridian. Så observerade Maimder den magnetiska storm och det norrsken, som åtföljde passagen af en stor solfläck den 8—10 Sept. 1898 öfver solens centrala meridian. Den magnetiska effekten nådde sitt maximum omkring 21 timmar efter meridianpassagen.

På likartadt sätt fann Riccò för ett tiotal fall, i hvilka en noggrann bestämning var möjlig, en tidsdifferens af i medeltal 45,5 timmar mellan en fläcks meridianpassage och den största magnetiska effekten. Riccò beräknar äfven de fall, som Ellis samlat och Maunder undersökt. Han fann i medeltal för dessa fall nära nog samma siffra; tidsskillnaden var nämligen 42,5 timmar. Detta motsvarar en medel-

hastighet hos solstoftet af 910 och 980 km. pr sekund. Ä andra sidan möter det ej någon svårighet att beräkna den tid, en droppe af 0,00016 millimeters diameter (dessa droppar röra sig snabbast) och specifika vikten i behöfver för att förflytta sig från solens yttersida till jorden under inflytande af solens tyngdverkan och det 2,5 gånger

större strålningstrycket. Den beräknade tiden blir 56,1 timmar, motsvarande en medelhastighet af 740 kilometer pr sekund.

För att solstoftet skall röra sig framåt med de af Riccò beräknade hastigheterna måste dess specifika vikt vara mindre än i, nämligen 0,66 och 0,57. Detta värde är alls ej orimligt, om vi antaga dropparne bestå af kolväten, hvilka absorberat vätgas, helium och andra ädelgaser. Naturligtvis kan man likasom för kometsvansarna få större hastigheter på solstoftet, om man antager detsamma bestå af hopfiltade margariter af kol eller silikat eller järn, hvilka ämnen utgöra hufvudbeståndsdelarne i meteoriter.

Det förtjänar kanske att omnämnas, att norrskenets starkaste spektrallinje befunnits tillhöra ädelgasen krypton. Då denna gas endast i mycket ringa mängd förekommer i atmosfären, är det ej osannolikt, att densamma medföljt solstoftet och att dess spektrum därför framträder vid dettas urladdning. De öfriga norrskenslinjerna tillhöra kväfvets, argonets och de andra ädelgasernas spektra. De mängder ädelgaser, som på detta sätt tillföras jordens luftkrets äro i alla händelser försvinnande små, och de bortföras möjligen i lika stor mängd af det solstoft, som bortstötes ur atmosfären.

De elektriska företeelserna i jordens atmosfär ha en ganska stor betydelse för det organiska lifvet och därigenom för människan. Genom de elektriska urladdningarna bindes luftens kväfve till en del vid väte och vid syre och bildar så de för växtligheten utomordentligt gynnsamma ammoniakföreningarna och nitrit samt nitrat. De

förstnämnda som spela hufvudrollen i de tempererade klimaten, synas särskildt bildas vid de så kallade stilla urladdningarna, som motsvara norrskenet, de syrehaltiga produkterna, som äro öfvervägande i tropikerna, åter vid åskslag. Dessa föras med nederbörden till jorden och tillgodogöras af växterna.

Tillförseln af sålunda bundet kväfve till jorden uppgår årligen till omkring 1,25 gram pr kv. m. i Europa och till det fyrdubbla i tropikerna. Antager man som ett sannolikt medeltal 3 gram för hela den fasta jordytan, så motsvarar detta 3 ton för kvadratkilometern och för den fasta jordytan (136 miljoner kv. km.) omkring 400 miljoner ton årligen. En mycket ringa del af detta, kanske en tjugondedel, faller på odlad jord, men äfven det andra bidrager till lifsverksamheten på jorden, i dess skogar och på dess grässtepper. Till jämförelse må nämnas, att brytningen af chili-salpeter som 1880 motsvarade i rundt tal 50,000, 1890 120,000 och 1900 210,000 tons, år 1905 lämnade 260,000 tons kväfve. Kväfvet i ammoniaksalter, tillverkade vid gasverken i Europa uppgår till omkring en fjärdedel af sistnämnda belopp. Denna siffra måste naturligtvis ökas med den amerikanska produktionen, men man ser dock att den artificiella kväfvetillförseln till jorden ej uppgår till mer än omkring en tusendedel af den naturliga.

Kväfvet i luften utgör 3,980 biljoner ton. Man ser däraf, att endast omkring en del af tre miljoner af luftens kväfve årligen förbrukas genom elektriska urladdningar, detta under förutsättning att kväfvetillförseln till hafvet är lika stor som den till landet pr kvadratkilometer. Det så bundna kväfvet kommer växterna på landet och i hafvet till godo och kväfvet återgår genom växternas lifsverksamhet eller efter deras förmultning till atmosfären eller till hafvet, hvars kväfvehalt genom absorption står i jämvikt med luftens. Någon nämnvärd utarmning af luftens kväfve ha vi därför ej anledning antaga, och detta stäm-

mer också väl öfverens därmed, att någon nämnvärd anhopning af bundet kväfve i jordens fasta och flytande delar ej synes ha ägt rum.

Såsom jämförelse må nämnas (jfr sid. 48) att i den årliga cirkulationen i vegetationen indrages ej mindre än en femtiondedel af atmosfärens kolsyrehalt. Då af denna bildas syre och i luften finnes omkring 700 gånger så många volymsprocent syre, som kolsyra, så är omsättningen af luftens syre ungefär en del på 35,000. Med andra ord

Fig. 37. Zodiakalljus i tropikerna.

luftens syre deltager ungefär 100 gånger så lifligt i vegetationsprocessen som dess kväfve, hvilket är rimligt i betraktande af syrets stora kemiska aktivitet.

Innan vi lämna detta kapitel vilja vi i korthet erinra om ett egendomligt fenomen, zodiakalljuset, som i tropikerna iakttages hvarje stjärnklar natt några timmar före solens uppgång eller efter dess nedgång. Hos oss kan det endast sällan iakttagas, bäst vid vår- eller höst-dagjämningstiden. Det beskrifves vanligen såsom en ljuskägla liggande med basen

nedåt och med midtellinjen längs djurkretsen (zodiaken), hvaraf skenet fått sin benämning. Dess spektrum är enligt Wright och Liais kontinuerligt; motsvarande reflekteradt solljus. Dess sken uppges i tropikerna vara lika starkt som vintergatans.

Det råder intet tvifvel därom, att detta ljus härrör från solbelysta stoftpartiklar. Man har därför trott, att detta stoft ligger i en ring kring solen och utgör en återstod af den urnebulosa, hvarur enligt den Kant-Laplaceska hypotesen solsystemet kondenserat sig. (Jfr s. 162.)

Från toppen af zodiakalljusets kägla synes stundom ett svagt lysande band utgå, hvilket sträcker sig tvärs öfver natthimlen i ekliptikans plan. På den himmelstrakt, som ligger midt emot solen breder det ut sig till en större diffus, svagt utpräglad, ljusfläck af omkring tolf båggraders bredd och nio graders höjd, kallad motskenet, som först beskrefs af Pezenas (1730).

Den vanliga åsikten om detta motsken är, att det åstadkommes af ljus, återkastadt från små meteoriter eller stoftpartiklar, som falla in mot solen från rymden. Likasom norrskens-koronans synriktning skulle dess läge bero på en perspektivisk verkan, i det att smådelarnas banor äro riktade mot solen och därför synas utgå från en midt emot denna belägen punkt.

Vi veta ännu mycket litet angående denna företeelse. Till och med zodiakalljusets läge längs djurkretsen, hvilken gifvit anledning till dess namn, har blifvit draget i tvifvelsmål genom nyare undersökningar, som häntyda på, att det skulle vara till finnandes i sol-äkvatorns plan. Huru nu än därmed må förhålla sig, torde likväl den mening vara allmänt antagen, att skenet ifråga beror på partiklar, som strömma in mot och ut från solen. Därigenom få vi en bekräftelse på att solstoftets massa ej är så ringa, utan att det väl kan tänkas gifva upphof till de företeelser, om hvilka vi ofvan talat. VI.

Solens undergång. Nebulosors uppkomst.

Vi ha i det föregående sett, huru solen årligen slösar ut nästan ofattbara massor af värme, 3,8.1033 gramkalorier motsvarande två gramkalorier för hvarje gram af dess massa. Vi ha också fått den föreställningen, att detta kan pågå i biljoner år på grund af solens oerhörda värmeförråd. Men till slut måste dock den tidpunkt komma, då solen kallnar och, likasom jorden och äfven de nu gasformiga planeterna långt före solen gjort, öfverdrager sig med en fast skorpa. Ingen lefvande varelse på de omkretsande planeterna skall i förtviflan åse solens slocknande, ty långt före dess skall, trots alla uppfinningar, lifvet ha släckts på solens följeslagare till följd af den bristande solvärmen.

Solens utveckling kommer då att likna jordens nuvarande, utom att den saknar den lifgifvande centrala ljus-och värmekällan. Till en början skall den tunna skorpan om och om igen brytas sönder af de ur solens inre utströmmande gas- och lavamassorna. Men efter korta tider skola de mäktiga utgjutningarna vara stelnade, och fastare än förr skola de gamla brottstyckena slutas samman. Endast på några gamla sprickor skola vulkaner resa sig, som, då solens inre svalnar, bortföra de gasmassor, som då frigöras, särskildt vatten och i mindre grad kolsyra.

Sedan kondenseras vattnet och världshaf uppstå på solen, som då för en kort tid någorlunda liknar vår jord i dess nuvarande skick. Men det finnes en högst väsentligI 22

skillnad. Den slocknade solen mottager ej såsom jorden något lifgifvande värme utifrån utom den ringa stålningen från rymden och värmet vid meteorers fall. Temperaturen på den slocknande solen sjunker därför hastigt. Molnen i dess atmosfär bli allt tunnare och utgöra snart intet nämnvärdt skydd mot strålningen. Världshafvet på solen öfverdrages då med en isskorpa. För någon tid hindrar vattnets frysning oceanernas afkylning, men slutligen äro de frusna. Kolsyran börjar nu att utskiljas ur solatmosfären såsom en tunn snö.

Slutligen vid ungefär — 200° börja nya världshaf att bildas genom kondensation af de egentliga luftgaserna särskildt kväfve. Ännu en sådan sänkning på omkring 20 grader, hvarefter de nedstörtande meteorernas energi täcker värmeförlusten. Då består solatmosfären endast af heliumgas och väte, de två gaser, som äro svårast att kondensera, samt kväfgas.

I detta tillstånd är solens värmeförlust nästan omärklig. Så bortgår genom hvarje kvadratmil af jordskorpan till följd af dennas ringa värmeledning ej ens en milliarddel af det värme, som solen utstrålar från samma yta, och en gång, när solens fasta skorpa nått en tjocklek af omkring 6o kilometer, skall densammas värmeförlust vara reducerad i samma höga grad. Temperaturen på dess yta skall vara 50 a 60 grader öfver den absoluta nollpunkten och endast stiga för kort tid och inom små områden vid vulkaniska utbrott. I dess inre skall fortfarande en temperatur af nästan samma höjd som den nuvarande på flera miljoner grader vara förhärskande, och därinne skola samma oerhördt explosiva föreningar förefinnas som nu. Som ett gränslöst dynamitmagasin skall den mörka solen sväfva fram i rymden utan att förlora någon nämnvärd del af sin energi under biljoner år. Likasom en hvilspor skall den bibehålla sin oerhörda kraft, ända till dess den af omständigheterna kallas att börja ett nytt lif liknande det, som den förut genomgått. En långsam veckning af ytan, på grund af kärnans fortskridande värmeförlust och där-

med följande krympning, skall förse solytan med dess ålderdomsrynkor.

Ekholm har beräknat, att om värmeledningsförmågan hos de fasta jordlagren är så stor som hos marmor, och om temperaturen tilltar med 30 grader pr kilometer nedåt, så åtgå omkring 30 miljoner år, innan hvarje gram af jorden förlorar 2 kalorier, såsom solen nu gör på ett år. Om man dessutom tar i betraktande, att solradien vid den tid, då solen har en fast skorpa lik jordens, är ungefär 70 gånger så stor som jordradien, så bör föregående tal ökas i denna proportion, det vill säga, solen skall då på två miljarder år förlora mindre värme än nu på ett enda. Då jorden afkylts omkring 300 grader under 2 miljoner år, kommer solen att då afkylas omkring 2,000 grader, d. v. s. mindre än 0,1 procent, under 1 biljon år. Då solens skorpa sedan tilltar i tjocklek, så minskas utstrålningen i samma proportion. Solens energiförlust blir sålunda ringa äfven under biljoner år.

Hur liten synvinkel stjärnorna än upptaga, så är denna likväl icke absolut noll. Om därför en slocknad stjärna under oändliga tider rör sig framåt, skall den till slut stöta emot en annan vare sig lysande eller slocknad. Därvid ökas sannolikheten för sammanstötning högst betydligt genom den afböjning, som hennes bana lider genom attraktionen mellan de båda i hvarandras närhet kommande himlakropparna. De närmaste stjärnorna äro belägna så långt från oss, att ljuset i medeltal behöfver 10 år för att gå från solen till dessa stjärnor. För att solen med dess nuvarande dimensioner och hastighet af 20 km. pr sek. sannolikt skulle stöta ihop med en annan stjärna med samma egenskaper behöfvas 100,000 biljoner år. Om vi nu anta, att det finnes hundra gånger så många slocknade som lysande stjärnor, hvilket ej är något orimligt antagande, skulle den sannolika tiden till nästa sammanstötning utgöra omkring 1,000 biljoner år. Den tid, under hvilken en sol vore lysande, borde utgöra omkring en

hundradedel af sagda tid, det vill säga 10 biljoner år. Detta värde synes ej orimligt, då lifvet på jorden varat omkring en miljard år, och denna tid naturligen endast utgör en ringa bråkdel af den tid, under hvilken solen utsändt ljus och fortfar därmed. Naturligtvis är det ännu mycket större sannolikhet, för att solen skall stöta ihop med en nebulosa, emedan denna har vida större utsträckning i rymden. Men i ett sådant fall är det ej osannolikt, att förhållandet blir ungefär detsamma, som då en komet passerar solkoronan; ingen nämnvärd effekt af sammanstötningen iakttages på grund af koronans ytterst ringa halt af materia. Likväl påskyndar detta inträde i nebulosan sannolikt sammanstötningen med en annan sol i hög grad, emedan i nebulosorna, såsom nedan omtalas, en massa mörka och lysande himlakroppar äro hopsamlade.

Vi se stundom på himlen nya stjärnor plötsligt lysa upp för att sedan aftaga i glans och slutligen slockna eller sjunka ned till en mycket obetydlig lyskraft. Det märkvärdigaste af dessa högst intressanta fall inträffade i Februari 1901, då en ny stjärna af första storleken uppträdde i stjärnbilden Perseus. Denna stjärna upptäcktes af skotten Anderson på morgonen den 22 Februari 1901, hon var då något mera lysande än en stjärna af tredje storleken*. På en fotografiplåt, tagen endast 28 timmar före hennes upptäckt, synes stjärnan alls icke, oaktadt

stjärnor af tolfte storleken äro synliga på denna plåt. (Enligt denna uppgift synes den nya stjärnans lyskraft ha tilltagit mer än 5,000 gånger på denna korta tid.) Den 23 Februari öfverträffade hon alla andra stjärnor utom Sirius, den 25 var hon af första, den 27 Febr. af andra, den 6 Mars af tredje och den 18 Mars af fjärde storleken. Där-

* Allt efter stjärnornas ljusstyrka indelas de i »storlekar» af olika ordningsnummer, de starkaste ha lägsta numret. En stjärna af första storleken är 2,52 gånger mer lysande än en af andra, denna 2,52 gånger mer lysande, än en af tredje storleken o. s. v., allt för en betraktare på jorden.

etter växlade ljusstyrkan periodiskt till den 22 Juni med en periodlängd af först tre, sedan fem dagar, under det att medelljusstyrkan sakta sjönk; den 23 Juni var hon af sjätte storleken. Sedan sjönk ljusstyrkan mera jämnt; i Oktober 1901 var stjärnan af sjunde, i Febr. 1902 af åttonde, i Juli 1902 af nionde, i Dec. 1902 af tionde storleken, och sedan har hon sakta sjunkit till tolfte storleken. Då stjärnan lyste klarast, hade hon blåhvitt sken. Detta öfvergick sedan till gult och rödaktigt i början af Mars. Under stjärnans periodiska ljusväxling var hon hvitgul, då hon lyste som starkast, och rödaktig, då hon var svagast. Sedan ändrades färgen småningom till rent hvit.

Stjärnans spektrum visade den största öfverensstämmelse med det af den nya stjärnan i Kusken (Nova Aurigae år 1892 se fig. 38). I allmänhet är det karaktäristiskt för

Fig. 38. Spektrum af den nya stjärnan i Kusken af år 1892.

nya stjärnor, att deras spektrallinjer äro dubbla, mörka åt den violetta och ljusa åt den röda sidan. I Nova Aurigaes spektrum är denna egendomlighet påfallande hos bland andra de tre vätgaslinjerna C, F och H, hos natriumlinjen, nebulosalinjerna och äfven magnesiumlinjer. I Nova Persei är förskjutningen åt det violetta hållet hos vätgaslinjerna så stor, att man därur beräknat, att den ljusabsorberande vätgasen rört sig i riktning mot oss med en hastighet af 700 kilometer pr sekund. Äfven några kalciumlinjer visade en dylik förskjutning. Hos andra metallinjer var förskjutningen mindre. Detta häntyder på, att ur stjärnan mot oss utströmmade relativt kalla gasmassor med en enorm hastighet. De lysande partierna af stjärnan antingen stodo stilla eller rörde sig från oss. Den

enklaste förklaringen får man genom att antaga, att stjärnan vid uppblossandet till följd af hög temperatur och tryck visade utbredda spektrallinjer. hvaraf den violetta delen absorberades af mot oss utströmmande gasmassor, som voro starkt afkylda på grund af den häftiga utvidgningen. Naturligtvis strömmade dessa gaser ut mot alla riktningar från stjärnan, men vi kunde ej iakttaga andra än dem, som absorberade stjärnans ljus, det vill säga lågo mellan stjärnan och jorden och följaktligen strömmade ut mot jorden.

Så småningom minskades ljuset af metallinjerna och af den kontinuerliga spektralgrunden, först i violett, medan vätgas- och nebulosalinjerna fortfarande voro tydliga, stjärnan visade likasom andra nya stjärnor efter en tid nebulosaspektrum. Detta egendomliga faktum konstaterades först af H. C. Vogel hos den nya stjärnan i Svanen (Nova Cygni 1876). En stjärna P i Svanen, som uppblossade år 1600, visar fortfarande ett spektrum antydande utströmning af vätgas. Det synes icke omöjligt, att denna »nya» stjärna ännu ej hunnit till jämvikt utan fortfarande utsänder kalla gasströmmar. För erhållande af absorptionsspektrum fordras endast obetydliga gasmängder, så att gasförlusten kan pågå en längre tid utan att förrådet därför behöfver uttömmas.

Om de egendomliga ljusmoln, som observerades kring Nova Persei, hafva vi redan förut talat. Två ringformiga moln rörde sig bort från stjärnan med en hastighet af 1,4 och 2,8 bågsekunder pr dag (under tiden 29 Mars 1901 till Febr. 1902). Beräknar man därur tillbaka den tid, då de skulle utträdt ur stjärnan, finner man den 8 Febr. och den 16 Febr. 1901 rätt nära öfverensstämmande med tiden för stjärnans största ljusstyrka, den 23 Februari. Det synes således ej vara något tvifvel om, att de ursprungligen utgått ur stjärnan, och att de bero på strålningstrycket. Deras ljus visar ingen märklig polarisation, det kan således ej vara reflekteradt utan beror troligen på elektriska ur-

laddningar mellan stoftpartiklarna, hvarvid de absorberade gaserna lysa.

Vi ha i detta fall uppenbarligen varit vittnen till den storartade afslutningen af en himlakropps existens såsom självständig varelse genom sammanstötningen med en annan likartad himlakropp. De båda sammanstötande kropparna voro båda först mörka, eller i alla händelser utsände de så litet ljus, att de ej ens lyste så mycket tillsammans som en stjärna af tolfte storleken. Då de efter sammanstötningen visade en större glans än stjärnor af första ordningen, oaktadt afståndet bestämts till minst 120 ljusår* måste deras strålning flera tusen gånger ha öfverträffat vår sols strålning. Under sådana förhållanden bör också strålningstrycket där ha varit många gånger större än vid solytan och de stoftmassor, som stöttes ut från den nya stjärnan, böra hafva besuttit en mycket större hastighet än solstoftets. Deras hastighet måste likväl ha varit mindre än ljusets hastighet, hvilken aldrig kan fullt uppnås genom strålningstryckets verkan.

Det är ej svårt att föreställa sig den oerhörda våldsamhet, med hvilken denna »stjärnsmäll» ägde rum. Liksom en främmande kropp, t. ex. en meteor, som från universum störtar in mot solen vid sammanstötningen har en hastighet af omkring 600 kilometer i sekunden, böra de båda stjärnorna ha störtat emot hvarandra med en hastighet af denna storleksordning. Stöten är i allmänhet så kallad sned stöt och oaktadt en del energi därvid omsättes i värme, bör återstoden af rörelseenergien ge en rotation med en hastighet af hundratals kilometer i sekunden. I jämförelse med denna kan solens nuvarande rotationshastighet, 2 km. pr sek. vid äkvatorn, fullkomligt försummas. Ännu mera är detta fallet med jordens 0,465 km. pr sek. vid äkvatorn. Det synes därför, som om vi utan märkbart fel kunde betrakta de båda sammanstötande himlakropparna såsom fria från rota-

* Ett ljusår motsvarar 9,5 biljoner km. och är den väg som ljuset tillryggalägger i rymden på ett år.

tion före sammanstötningen. Vid denna rifves materia ut ur de båda himlakropparna längs deras relativa rörelseriktning. Materien kommer att kastas ut såsom två kraftiga kvastar, liggande i banplanet för de båda himlakropparnas rörelse i närheten af hvarandra. Deras utströmningshastighet näres delvis af dubbelstjärnans rotation, som därigenom minskas. Vi erinra oss nu att, om materia bringas från solens inre till dess yta, förhåller sig denna materia såsom ett oerhördt kraftigt explosionsämne. De utkastade gaserna drifvas ut med en våldsam fart kring det häftigt roterande centrala partiet, och vi kunna få en om ock ofullkomlig föreställning om den så uppstående bildningen genom att betrakta ett starkt roterande hjul, som i de båda ändarna af en diameter ha två fyrverkeripjäser, som utstöta eldkvastar i radiens riktning utåt. Ju längre bort från hjulet dess mindre blir eldkvastarnas hastighet utåt och äfven deras vinkelrörelse. Kvastarna afkylas hastigt genom gasernas starka utvidgning och innehålla äfven fint stoft, troligen mest af kol, som funnits i explosivämnena. Dessa moln af fint stoft skymma allt mer bort den »nya stjärnan» och göra, att hennes strålande hvita glans småningom får en allt mera gul och rödaktig skiftning på den grund, att fint stoft försvagar blå och gröna strålar mera än gula och röda. Till en början lågo molnen så nära stjärnan, att de hade en mycket stor vinkelhastighet och därför syntes omgifva hela himlakroppen, men sedermera då (efter d. 22 Mars 1901) kvastarnas yttersta delar hunnit längre ut och fingo en längre omloppstid (6 dagar) skymdes stjärnan bort starkare, när kvastarnas dammoln under deras vridning kring stjärnan lågo mellan oss och denna. Allt eftersom kvastarna kommo längre bort, ökades deras omloppstid, så småningom till 10 dygn. Stjärnan blef därför periodisk med en periodlängd, som sakta ökades, och dess sken var rödare vid ljusminimet än vid ljusmaximet. Samtidigt minskades också kvastarnas ytteränders absorptionsförmåga, dels ge-

nom deras växande uttänjning, dels därigenom att stoftet sakta bakade ihop sig till gröfre partiklar — de minsta partiklarna kanske också drefvos bort af strålningstrycket i märkbar grad. Stoftets siktande verkan på ljuset, hvarigenom de röda och gula strålarna släpptes fram i högre grad än de blå och gröna, gick därför småningom förlorad, och stoftets färg blef alltmera grå och stjärnan återigen hvit efter en viss tids förlopp. Denna hvita färg anger, att en mycket hög temperatur fortfarande härskar på stjärnan. Genom det fortfarande pågående utstötandet af stoftfyllda gasmassor med sannolikt något aftagande häftighet minskas småningom stjärnans ljusstyrka (sedd från jorden), och stoftlagren omge alltmera likformigt den lysande kärnan. Huru våldsam explosionen var, synes däraf, att de först utkastade vätgasmassorna rusade mot åskådaren på jorden med en hastighet af minst 700 kilometer i sekunden. Denna hastighet är af samma storleksordning som hastigheten hos de snabbaste protuberanser, som utstötas ur solen.

Såsom vi af detta kunna se, lämnar det af oss använda föreställningssättet en äfven i detaljer ganska trogen bild af det verkliga förloppet, och det är därför i hög grad sannolikt, att vår föreställning om detsamma är i hufvudsak riktig. Hvad har det då blifvit af den nya stjärnan? Spektralanalysen antyder, att hon förvandlats i ett stjärntöcken, likasom andra nya stjärnor. Det kontinuerliga ljuset från centralkroppen har sakta försvagats genom de kringliggande stoftmassorna, som af strålningstrycket drifvas ut mot de kringliggande gasmassornas (hufvudsakligen vätgas, helium och »nebulosaämne») yttre partier, där stoftmassorna urladda sina negativa elektricitetsmängder och sålunda åstadkomma ett ljus, som fullkomligt liknar det från nebulosorna.

Härtill kommer, att på grund af den oerhördt häftiga rotationen den centrala hufvudmassan af de två hopstötta stjärnorna i dess yttre delar utsättes för en utomordent-

ligt häftig centrifugalkraft, som breder ut denna massa till en stor roterande skifva. Då trycket i dennas yttre delar är jämförelsevis ringa, blir också gasernas täthet därstädes mycket nedsatt. Den häftiga utvidgningen, och i ännu högre grad den starka värmestrålningen, sätta snabbt ned temperaturen, så att vi ha framför oss en stor centralkropp, hvars inre delar ha en högre täthet och likna materien i solarna, hvars yttre delar däremot äro förtunnade och nebulosartade. Kring denna centralkropp synas resterna af de två gaskvastar, som stöttes ut omedelbart efter den häftiga sammanstötningen af de två himlakropparna. En ej obetydlig del af materian i dessa spiralvridna ytterpartier har troligtvis aflägsnat sig i det oändliga fjärran för att hopsamlas kring främmande himlakroppar eller för att bilda delar af de stora oregelbundna nebulosorna, som såsom töcken lägra sig kring stjärnsamlingarna. En del åter har ej förmått att aflägsna sig från centralkroppen utan har stannat kvar kring denna, försatt i en kretsande rörelse kring centralkroppen. Till följd af denna ytterst långsamma, kretsande rörelse försvagas småningom konturerna hos de båda spiralerna, som allt mer närma sig till att bilda töckenringar omgifvande den centrala massan.

Denna spiralvridna form (fig. 39) hos nebulosans yttre delar har länge tilldragit sig en hög grad af uppmärksamhet. Man har därvid alltid iakttagit, att tvänne spiralarmar slingra sig kring centralkroppen. Denna form antyder, att materien där befinner sig i en roterande rörelse kring en axel i spiralens midt, från hvilken den strömmat ut åt två motsatta sidor. Stundom synas de spolformade — mest bekant bland dessa är den stora nebulosan i Andromeda. Ett närmare betraktande med skarpare instrument ger likväl vid handen, att äfven dessa äro spiralformade, men att de synas spolformade (se fig. 40), emedan vi se dem från sidan. Den berömde amerikanske astronomen Keeler, som mer än någon annan sysselsatt sig med ne-

bulosor, har registrerat stora mängder af dessa från alla trakter af den del af himlen, som var tillgänglig för hans instrument, och funnit att dessa bildningar i alldeles öfvervägande grad äro af spiralformig natur.

Några, de s. k. planetariska nebulosorna se ut mera som lysande bollar, vi kunna i detta fall antaga, att explosionen varit mindre våldsam och att därför spiralerna

Fig. 39. Spiralformad nebulosa i Jakthundarne enligt vid Yerkesobservatoriet tagen fotografi.

ligga så tätt intill hvarandra att de synas hopgyttrade — möjligen ha också ojämnheter i deras utveckling genom diffusion utjämnats under tidens lopp. Några få äro ringformiga, såsom den bekanta ringnebulosan i Lyran (se fig. 41). Dessa kunna också ha uppkommit ur spiralformiga nebulosor, hos hvilka spiralerna småningom jämnats ut genom rotation och den centrala töckenmaterien förta-

tats på kringvandrande planeter. Schaeberle, en framstående amerikansk astronom, har äfven hos denna nebulosa iakttagit spår af spiralform. Ett annat slag af nebulosor äro de vanligen mycket utsträckta, oregelbundet formade,

Fig. 40. Den stora nebulosan i Andromeda enligt fotografi från Yerkesobservatoriet.

uppenbarligen af ytterst tunn materia bestående, hvaribland de mest bekanta förekomma i Orion, kring Plejaderna och i Svanen (fig. 42 och 43). Äfven i dessa har man ofta funnit partier med spiralstruktur.

Som ofvan nämndt bör den bildning, som uppkommer

efter sammanstötningen mellan två himlakroppar få formen af en spiral med två vingar. Om stöten är sådan att de båda himlakropparnas medelpunkter störta alldeles rätt emot hvarandra, bildas naturligtvis ingen spiral utan en skifva, eller, om den ena stjärnan är liten, möjligen en kon, genom gasernas lika utbredning åt alla sidor rundt om stötriktningen. Naturligtvis är en sådan fullkomligt central stöt något ytterst sällsynt, men fall kunna lätt inträffa, som mer eller mindre närma sig till detta gränsfall, sär-

Fig. 41. Ringnebulosan i Lyran enligt fotografi från Yerkes-observatoriet.

skildt om den relativa hastigheten mellan de två kropparna är ringa. Dessutom kan genom långsam diffusion en svagt utvecklad spiral förvandlas till en roterande skifformad bildning. Huru stor utsträckning den nebulosaartade bildningen får, beror på förhållandet mellan systemets massa och gasernas utströmningshastighet. Om exempelvis två slocknade solar af samma utsträckning och massa som vår sol törnade ihop, så skulle gasmassor, som kastades ut med mer än omkring 900 kilometers hastighet i sekunden, breda ut sig i den oändliga rymden, me-

dan andra partier, som rörde sig utåt med mindre hastighet skulle stanna förr, och detta desto närmare till centralkroppen ju mindre hastigheten vore. Därifrån skulle de åter falla ned mot centralkroppen och åter införlifvas med denna, om ej två omständigheter förhindrade detta. Den ena är det väldiga strålningstrycket från den glödande centralmassan. Därigenom skulle en massa stoft-

Fig. 42. Den centrala delen af den stora nebulosan i Orion enligt fotografi från Yerkes-observatoriet.

partiklar hållas sväfvande och med dem äfven de närmast kringliggande gasmassorna genom friktion. På grund af strålningens absorption i stoftmassorna, skulle längre ut i nebulosan endast finare partiklar kunna bäras upp och långt ut i nebulosans ytterkanter skulle äfven det finaste stoft ej kunna hållas sväfvande på grund af den starkt aftagande strålningen. Därigenom skulle nebulosan få en

yttre begränsning. Den andra omständigheten är den häftiga rotation i hvilken centralkroppen försättes genom stöten. Denna skulle åstadkomma en skifformig utbredning af hela centralkroppen på grund af centrifugalkraften. I

Fig." 43. Nebulosabildningar kring stjärnorna i Plejaderna enligt fotografi från Yerkes-observatoriet.

de tätare partierna skulle, genom molekylära sammanstötningar och genom tidvattensverkan, vinkelhastigheten sträfva att blifva öfver allt lika, så att det hela skulle rotera såsom en hoptryckt gasboll och där skulle spiralstrukutren småningom försvinna. I längre bort belägna delar

skulle hastigheten endast växa så långt att den uppnådde samma hastighet som en planet rörande sig på detta afstånd skulle ha, det vill säga tyngden mot centralkroppen skulle precis uppvägas af centrifugalkraften och i de längst bort belägna delarna skulle de molekylära sammanstötningarna och äfven gravitationen mot centrum bli af så försvinnande betydelse att de skulle bibehålla sin ursprungliga form i nära nog obegränsade tider.

I midten af detta system skulle hufvudmassan befinna sig såsom en ytterst lifligt glödande sol, hvilkens ljusstyrka emellertid på grund af den häftiga strålningen jämförelsevis snabbt skulle sjunka.

När ett sådant vidsträckt nebulosesystem, inom hvilket tyngdkraften på grund af de oerhördt stora afstånden verkar mycket svagt och endast ytterst långsamt hinner att åstadkomma märkbara verkningar, utsättes för det stoftregn som går ut från de olika solarna, så förmår det, oaktadt sin ytterliga tunnhet i de yttre delarna att hejda de nedfallande partiklarnas rörelse. För att ej nebulosagaserna i dessa yttersta partier skola försvinna ut i rymden trots den oerhördt ringa tyngdkraftsverkan, måste deras molekyler vara nästan stillastående eller, med andra ord, temperaturen kan endast höja sig några få grader öfver den absoluta nollpunkten. I de inre delarna kunna däremot högre temperaturer förekomma. I dylika fall spelar den så kallade adsorptionen en ofantligt stor roll. (Dewar.) De små stoftpartiklarna komma att utgöra centra kring hvilka de kringliggande gaserna i hög grad förtäta sig. Den ytterst ringa tätheten hos gasen hindrar ej detta, ty adsorptionsfenomenet följer den lagen att den förtätade gasmängden minskas till en tiondedel först när tätheten i den omgifvande gasen minskas till en tiotusendedel.

Därigenom ökas stoftkornens massa och, om de stöta samman, kittas de ihop af sina vätskeartade hyllen. En hastig bildning af meteoriter och kometer bör därför äga rum i nebulosorna, särskildt i de inre partierna. Nu komma äfven

stjärnorna och deras följeslagare vandrande genom rummet och råka in i nebulosans gaser och meteorsvärmar. De större och snabbare himlakropparna slå sig igenom den jämförelsevis tunna matenen, genom hvilken de dock

Fig. 44. Den stora stjärnhopen i »Hercules» enligt fotografi af sir J. Roberts.

på grund af de stora utsträckningarna passera under tusental af år. De mindre och långsammare gående himlakropparna hejdas däremot af småkropparna i nebulosan. Man iakttar därför också, att i nebulosans närmaste omgif-

ning stjärnorna förekomma sparsammare, medan de synas starkare anhopade i nebulosorna. På detta sätt uppstå i nebulosan en massa attraktionscentra och dessa förtäta kring sig de kringliggande nebulosagaserna och infånga kringströfvande mindre meteoriter. Man kan också tydligt i nebulosorna iakttaga, hurusom töckenmaterien är förtunnad omkring de i densamma befintliga lysande stjärnorna. Slutligen förvandlas nebulosan till en stjärnhop. Denna bibehåller nebulosans karaktäristiska former, af hvilka spiralen är den vanligaste men äfven kilformen (utvecklad ur den koniska nebulosan) och klotformen förekomma (jfr fig. 44 och 45).

Detta är precis den utveckling som Herschel, stödd på sina observationer, antog hos nebulosorna. Han tänkte sig likväl, att töckenmaterien direkt kondenserades till stjärnor utan hjälp af främmande invandrade himlakroppar.

Angående ringnebulosan i Lyran hafva afståndsbestämningar på senaste tid blifvit gjorda af Newkirk, som kom till det resultat, att den i dess midt synliga stjärnan ligger på ett afstånd af 32 ljusår från oss. Då det synes otvifvelaktigt, att denna stjärna utgör centralkroppen i förenämnda nebulosa, så är äfven dennas afstånd 32 ljusår. Då nu töckenringen har en diameter af omkring 1 bågminut, beräknade Newkirk därur, att den ligger på ett afstånd af omkring 300 jordbaneradier från centralkroppen, det vill säga omkring 10 gånger så långt som Neptunus från solen. Äfven innanför den lysande ringen iakttar man ett svagt töckenljus. Troligen har töckenmaterien där ursprungligen varit mera koncentrerad än i den längre ut liggande ringen, men den har kondenserats på utifrån invandrade meteorer och genom sammanhopande af dessa ha sannolikt mörka planeter bildats, som röra sig kring centralkroppen och till största delen samlat upp gaserna i närheten. Om centralkroppen är lika tung som vår sol skulle ringmaterien göra ett omlopp kring centralkroppen under omkring 5,000 år. Denna rotation har varit tillräcklig för

att till största delen utplåna den ursprungliga spiralformen, så mycket finnes dock kvar däraf att man tydligt kan skönja, att spiralen haft två vingar. Centralkroppen i ringnebulosan har kontinuerligt spektrum med ljusa linjer och starkt utveckladt åt det blå hållet. Den synes därför vara mycket yngre och hetare än vår sol, hvarför strålningstrycket från densamma bör vara intensivare och omloppstiden för töckenringen kanske betydligt förlängd.

De »nya stjärnorna» utgöra en grupp bland de märkvärdiga himlakroppar, som på grund af föränderligheten i deras ljusstyrka fått namnet »föränderliga stjärnor», bland hvilka några typiska fall förtjäna omnämnas på grund af det stora vetenskapliga intresse, som är knutet till dem. Hvilka öden en stjärna, som råkat in i en nebulosa fylld med i densamma invandrade himlakroppar, har att genomgå, visar en af de egendomligaste föränderliga stjärnor, Eta i Argus. Denna stjärna lyser genom ett af de största töckenmolnen på himlahvalfvet; om den står i något fysiskt sammanhang med denna sin omgifning, kan man ej utan närmare undersökning angifva, den kunde ju exempelvis stå långt framför töcknet, mellan detta och oss. Dess talrika ljusväxlingar tyda emellertid på en serie sammanstötningar, hvilka förefalla naturliga, om vi antaga att stjärnan rör sig i en töckenmassa fylld med invandrade himlakroppar.

Emedan denna stjärna tillhör den södra stjärnhimmelen, observerades den ej förr, än astronomer började besöka det södra halfklotet. 1677 uppskattades hon att vara af den fjärde storleken, tio år senare ansågs hon vara af den andra, likaså 1751. 1827 var hon däremot af den

Fig. 45. Kilformig stjärnhop i stjärnbilden Tvillingarne.

första storleken och befanns vara föränderlig, det vill säga visa växlande ljusstyrka. Herschel fann, att hon varierade mellan första och andra storleken, men 1837 tilltog i styrka, så att hon i början af 1838 var af storleken 0,2. Därefter aftog hon i ljusstyrka till april 1839, då hon hade storleken 1,1 och förblef nära denna ljusstyrka i fyra år, då hon hastigt tilltog och öfverträffade alla stjärnor utom Sirius (storleken — 1,7). Sedan aftog ljusstyrkan sakta, så att stjärnan nätt och jämnt var synlig för blotta ögat (6:te storleken); 1869 var hon osynlig. Sedermera har hon växlat mellan 6:te och 7:de storleksordningen.

De sista växlingarna i denna stjärnas ljusstyrka påminna mycket om den nya stjärnans i Perseus förhållande, utom att denna senare mycket hastigare genomlupit sin lysande bana. Emellertid synes det vara uppenbart att Eta i Argus från början var vida ljusstarkare än Nova Persei och att den åtminstone en gång före den stora sammanstötningen af år 1843, efter hvilken hon omgafs med skymmande moln af växande ogenomskinlighet, nämligen i januari 1838, var utsatt för en mindre kollision af hastigt öfvergående verkan. Denna mindre kollision var väl en sådan som den, hvilken Mayer föreställde sig en gång skola inträffa mellan jorden och solen, då en värmeutveckling skulle komma till stånd motsvarande solens normala värmeutgift för ej fullt 100 år. Att döma däraf, att stjärnan redan förut var föränderlig på ett oregelbundet sätt, har hon möjligen en gång tidigare varit utsatt för en dylik sammanstötning.

Enligt en iakttagelse af en student Borisiak i Kiew skall äfven den nya stjärnan i Perseus på aftonen den 21 februari 1901 ha varit af storleksordningen 1,5, medan hon några timmar förut var af mindre än 12:te och påföljande kväll af storleken 2,7, hvarefter ljusstyrkan tilltog till följande afton, så att stjärnan då öfverstrålade alla stjärnor på norra himmelen. Om denna uppgift ej beror på en felobservation, har den nya stjärnan, två dagar innan hon

drabbade samman med den andra solen den 23 februari, varit utsatt för en mindre kollision antingen med denna sol eller med en liten planet, som befann sig i dennas omgifning och däraf bragts att för en kort tid flamma upp till en stor ljusstyrka.

De nya stjärnorna äro alls ej så sällsynta, som man skulle vara böjd att tro. Nästan hvarje år noteras en ny stjärna. De ojämförligt flesta af dessa uppträda i vintergatans närhet, där de synliga stjärnorna äro ojämförligt tätast packade och därför lättast en för oss synlig sammanstötning mellan två himlakroppar bör kunna äga rum. Där finnas också af liknande grunder de flesta gasformade töcknen.

Likaså förefinnas de flesta stjärnhopar i närheten af vintergatan. Detta är ju endast en följd däraf, att de töckenmassor, som tagit sitt ursprung vid sammanstötningen mellan två solar, i dessa med vandrande himlakroppar jämförelsevis ymnigt försedda delar snart bli späckade med sådana och genom de invandrade himlakropparnas kondenserande inverkan förvandlade till stjärnhopar. I trakter af himlen, där stjärnor äro jämförelsevis sällsynta, såsom på stort afstånd från vintergatan, iakttager man de flesta nebulosor, som ge stjärnspektra. Dessa äro intet annat än stjärnhopar, liggande på så stort afstånd, att man ej kan särskilja de enstaka stjärnorna. Att enstaka stjärnor och gasnebulosor äro så sällsynta i dessa himmelstrakter beror också otvifvelaktigt på deras stora afstånd från oss.

Bland de föränderliga stjärnorna finnas en hel del, som visa stor oregelbundenhet i sina ljusväxlingar och som i hög grad påminna om de nya stjärnorna. En sådan är den nyss nämnda Eta i Argus. En annan, den första, kända föränderliga stjärnan, är Mira Ceti, eller öfversatt »den underbara stjärnan i Hvalfisken». Denna gåtfulla företeelse befanns af den friesländske prästen Fabricius den 12 augusti 1596 vara en stjärna af andra storleken. Denne stjärnkunnige präst hade ej förr sett stjärnan i fråga och sökte henne förgäfves i oktober 1597. Under åren 1638 och

1639 konstaterades stjärnans föränderlighet, och man fann snart att denna föränderlighet är högst oregelbunden. Periodlängden är omkring elfva månader, men växlar oregelbundet kring denna tid såsom medellängd. Då hon har sin största glans, strålar hon stundom såsom en stjärna af första till andra storleksordningen, stundom är hon

då svagare men alltid öfver femte storleken. 10 veckor efter maximet är stjärnan ej mera synlig, hennes ljusstyrka kan gå ned till en stjärnas af storleksordningen 9,5. Med andra ord stjärnans ljusstyrka växlar ungefär såsom 1 till 1,000 (eller kanske ännu något mera). Efter minimet tilltar ljusstyrkan åter, stjärnan blir synlig, d. v. s. når sjätte storleken och efter ytterligare sex veckor når hon sitt ljusmaximum. Uppenbarligen ha vi här flera perioder som så att säga lagra sig öfver hvarandra.

Denna stjärna har ett ganska egendomligt spektrum. Hon hör till de röda stjärnorna med bandspektrum genomdraget af lysande vätgas-linjer. Hon aflägsnar sig från oss med en hastighet af ej mindre an 63 kilometer per sekund. De lysande vätgaslinjerna, som ju motsvara nebulosornas spektrum, uppdela sig stundom i tre komponenter, af hvilka den mellersta ungefär motsvarar medelhastigheten, 60 kilometer, de båda andra ha växlande hastigheter, till exempel 35 och 82 kilometer från oss, det vill säga 20 a 25 kilometer mindre eller mera än medelhastigheten. Tydligen omgifves stjärnan af två töckenmassor, den ena koncentrerad kring stjärnans centrum, den andra i ändan på två kvastar eller kanske riktigare koncentrerad på två motsatta sidor i en ring, liknande ringnebulosan i Lyran, som rör sig kring stjärnan med en hastighet af omkring 23,5 kilometer i sekunden. Då denna omhvälfning äger rum på elfva månader eller rättare sagdt tjugotvå månader, eftersom två maxima och två minima böra framträda under ringens rotation, så är hela omkretsen hos ringen 23,5 x 86,400 x 670 = 1,361 miljoner och banradien 217 miljoner kilometer eller 1,45 gånger

större än jordbanans. Nu är jordens hastighet i dess bana 29,5 kilometer per sekund: en planet som befunne sig på 1,45 gånger större afstånd från solen skulle ha 1,203 gånger mindre hastighet, det vill säga 24,5 kilometer per sekund eller mycket nära densamma som den förmodade ringen kring Mira Ceti. Häraf sluta vi att massan hos centralsolen i Mira Ceti är tämligen nära lika med vår sols massa; räkningen säger oss, att Mira skulle vara 8 procent mindre, men detta faller helt och hållet inom de möjliga felen.

En mycket påfallande regelbundenhet har Chandler påvisat för dessa stjärnor, nämligen att deras färg är i allmänhet desto rödare, ju längre perioden för deras ljusväxling är. Detta är lätt att förstå. Ju tätare den ursprung liga gasatmosfären varit, desto längre har den också i allmänhet sträckt sig ut från stjärnan och desto mer stoft har infångats i densamma. Som vi i det föregående sågo, har solens kant ett rödaktigt ljus på grund af de stoftkvantiteter som finnas i solens atmosfär. Detta beror hufvudsakligen på absorption af det blå ljuset genom stoftet, men en del af effekten beror nog också därpå, att stoftet glödgas upp genom solens strålning, och, eftersom det ligger utanför solen, får en lägre temperatur än dennas strålande lager, samt därför utstrålar ett jämförelsevis rödt ljus. Ju mera stoft som fins i nebulosan dess rödare bör också ljuset från stjärnan däri bli. Då stoftmängden bör ökas med nebulosans utsträckning, så är det naturligt att stjärnan i allmänhet bör vara desto rödare, ju längre nebulosans ringar sträcka sig från stjärnan, men ju större dessas afstånd är, dess längre är också omloppstiden.

Dessa så kallade röda stjärnor visa utom ljusa vätgaslinjer äfven bandspektra, antydande närvaro af kemiska föreningar. Denna omständighet har förr anförts såsom bevis för att dessa stjärnor ha låg temperatur. Men samma egendomlighet observeras hos solfläckarna, oaktadt dessa på grund af sitt läge böra ha högre temperatur än den omgifvande fotosfären. Förekomsten af band i spektra

tyder däremot säkert på ett högt tryck. De röda stjärnorna omgifvas uppenbarligen af en mycket vidsträckt gasatmosfär, i hvars inre del trycket är mycket stort och därför atomerna prässas ihop till att bilda kemiska föreningar. Öfver hufvud taget visa de röda stjärnornas spektra en påfallande likhet med solfläckarnas. Den violetta delen af spektrum är försvagad till följd af stoftmassor, som släcka detta ljus. På grund af de stora gasmassorna, som ligga längs synlinjen, äro spektrallinjerna i båda fallen starkt utbredda och stundom åtföljda af lysande linjer.

En annan klass af stjärnor, som visa lysande linjer äro de af Wolf och Rayet studerade och efter dem uppkallade stjärnorna. Dessa utmärka sig genom en oerhördt utbredd vätgasatmosfär. Denna har i enstaka fall beräknats ha en sådan utbredning att den skulle kunna utfylla Neptunus' bana. Dessa stjärnor äro uppenbarligen hetare (och kraftigare strålande) än de röda stjärnorna, eller också fins ej så mycket stoft i deras närhet — det kan möjligtvis

vara bortstött genom det starka strålningstrycket — de tillhöra därför de gula och ej de röda stjärnorna. Oaktadt allt häntyder på att deras centralkroppar äro minst lika heta som de hvita stjärnornas, förmår likväl stoftet i deras vidsträckta atmosfär att sätta ned färgen till gul.

Den ojämna periodlängden hos Mira-stjärnorna förklaras lätt genom det rimliga antagandet, att i deras närhet flera stoftringar röra sig kring dem, alldeles så som kring planeten Saturnus. De innersta stoftringarna med kort omloppstid ha troligen hunnit att under sina otaliga omlopp jämna ut stoftfördelningen, så att i dem inga nämnvärda knutar, liknande dem, som vi iakttagit hos kometsvansarna, förekomma. De bidraga därför endast till att gifva stjärnan en jämn, röd färgton. I de yttre stoftringarna är däremot stoftets fördelning ojämn. En af ringarna, som har det största inflytandet, må betinga den egentliga hufvudperioden. Genom medverkan af andra mindre bety-

dande stoftringar kan maximet eller minimet, såsom lätt inses, något förskjutas åt sidan, och sålunda tiden mellan maxima och minima något rubbas. För några stjärnor är denna rubbning i periodlängden så stark, att man ännu ej lyckats påvisa någon enkel period. Den mest bekanta stjärnan af detta slag är den klara röda stjärnan Beteigeuze i Orions stjärnbild. Denna stjärnans ljusstyrka växlar oregelbundet mellan storleksordningarna 1,0 och 1,4. De allra flesta föränderliga stjärnor tillhöra Mira-typen. Andra tillhöra den efter den föränderliga stjärnan Beta i stjärnbilden Lyran så kallade Lyra-typen. Hos många af dessa har man på grund af variationen i deras spektra påvisat att de röra sig kring en mörk stjärna som »ledsagare» eller rättare kring de två stjärnornas gemensamma tyngdpunkt. Man förklarar vanligen deras ljusväxling genom antagandet, att den ljusa stjärnan stundom delvis bortskymmes af den mörka ledsagaren. Men en massa oregelbundenheter i deras perioder, äfvensom andra omständigheter, antyda, att denna förklaring ej räcker till. Det är tydligt, att vi genom antagande af kring stjärnorna kretsande stoftringar jämte de större mörka kondensationscentra kunna bilda oss ett begrepp om dessa stjärnors ljusväxling. Dessa stjärnor tillhöra de hvita eller gula stjärnorna, stoftet spelar i deras omgifning ej så stor roll som i Mira-stjärnornas. Periodlängden för deras ljusvariation är också vida kortare, vanligen endast några få dagar, för den kortaste kända endast 4 timmar, medan Mira-stjärnornas periodlängd uppgår till minst 65 dagar och kan uppnå ända till två år — troligen finnas sådana med ännu längre period, fastän de ännu ej blifvit undersökta. Nära Lyra-stjärnorna komma Algol-stjärnorna, hvilkas ljus-växling kan förklaras med tillhjälp af antagandet, att en annan (ljus eller mörk) stjärna rör sig i deras närhet och stundom delvis skymmer bort deras ljus. I detta fall är stoftet nästan alldeles borta, dessa stjärnors spektra till-

TO

höra också den första klasssen, d. v. s. de hvita stjärnornas, så vida de blifvit undersökta.

För alla de föränderliga stjärnorna måste vi antaga, att deras stoftringars eller ledsagares banplan innehåller synlinjen mellan observatören och stjärnan i fråga. Vore ej detta fallet, skulle de för oss se ut som en nebulosa eller särskildt för Algol-stjärnans vidkommande, såsom spektroskopiska dubbelstjärnor.

Utvecklingen af stjärnorna från nebulosastadiet skildras på följande sätt af den berömde föreståndaren för Lick-observatoriet i Kalifornien, W. W. Campbell.

»Det är ej svårt att plocka ut en lång serie af välkända stjärnor, hvilkas tillstånd ej kan synnerligen skilja sig från nebulosornas. Dessa stjärnors spektra innehålla såväl Vätgasens, som heliums, ljusa linjer. Gamma Argus och Zeta Puppis höra till denna klass. En annan hithörande stjärna (D. M. + 300, 3639) är omgifven med en vätgasatmosfär af omkring fem bågsekunders diameter. Litet mera aflägsnade från nebulosa-stadiet synas sådana stjärnor, som visa både ljusa och mörka vätgaslinjer; dessa stjärnor iakttagas just då de, så att säga, äro på väg att öfvergå från att visa ljusa till att visa mörka linjer. Gamma i Cassiopeja, Pleione och My Centauri äro exempel härpå. Nära besläktade med de förut nämnda äro helium-stjärnorna. Deras mörka linjer motsvara Vätgasens och ett tjog eller flera af de mest framträdande helium-linjerna äfvensom några svaga metall-linjer. De hvita stjärnorna i Orion och i Plejaderna äro typiska för denna klass.»

»Att dessa stjärn-klasser motsvara ett tidigt utvecklingsstadium, gjordes först sannolikt genom iakttagelser af

deras spektra. Upptäckten, med fotografiens tillhjälp, af nebulosa-massor i närheten af stjärnor med ljusa linjer och af helium-stjärnor, ger en tungt vägande bekräftelse på deras ungdom. Kan väl någon, som sett nebulosan i bakgrunden af Orions stjärnbild (fig. 42) eller de återstoder af nebulosa-materia, i hvilken Plejadernas stjärnor äro in-

höljda (fig. 43), tvifla på att dessa stjärngrupper äro af ungt datum?»

»Med tidens fortskridande strålar stjärnornas värme ut i rymden och, såvidt stjärnorna beträffar, är det förloradt. A andra sidan växer tyngdkraften vid deras yta genom sammandragningen. Vissa vätgaslinjer, upptäckta af Pickering, försvinna, medan de vanliga vätgaslinjerna framträda kraftigare, alla såsom mörka linjer. De mörka linjerna tillhörande helium bli otydliga, medan mörka kalk- och järn-linjer framträda. Vega och Sirius äro typiska exempel på stjärnor i detta utvecklingsstadium. Då stjärnorna åldras, minskas vätgaslinjernas styrka, kalcium- och metallinjerna bli kraftigare, den blåhvita färgen går öfver till gulaktig och, sedan flera välkända stadier passerats, nås det tillstånd, som herskar på solen. I motsvarande stjärnors spektra är vätgasen representerad endast genom fyra eller fem mörka linjer af måttlig styrka (helium-linjerna saknas), kalcium-linjerna framträda ytterst kraftigt och omkring tjugo tusen metall-linjer synas. Stjärnorna af sol-typen synas ligga nära höjdpunkten af stjärnornas utveckling. Dessa stjärnors medeltemperatur måste ligga nära ett maximum, ty den låga specifika vikten tyder på ett gasformigt tillstånd hos stjärnornas massa.» (Jfr s. 159.)

»Med tiden sjunker temperaturen ytterligare. Färgen hos stjärnan öfvergår från gul till röd till följd af sjunkande temperatur och starkare ljus-absorption i stjärnans atmosfär. Vätgaslinjerna bli otydliga, metallinjerna äro starkt framträdande, och breda absorptionsband visa sig. I en klass (Secchis typ III), till hvilken Alpha i Hercules hör, äro dessa band af okändt ursprung; i en annan klass (Secchis typ IV), representerad af stjärnan 19 i Fiskarne, hafva de slutgiltigt identifierats såsom tillhörande kolföreningar.»

»Det kan näppeligen råda något tvifvel om att detta slag af stjärnor närmar sig det sista stadiet af sin utveckling. Temperaturen i deras yttre delar har sjunkit,

så att mera sammansatta kemiska föreningar kunna förekomma i dem än i solens utkanter.»

»Secchis typ III innesluter åtskilliga hundratal stjärnor af samma sort som Mira Céti, med ljusväxlingar af lång period. Då dessa stjärnor lysa med deras starkaste glans, visa de åtskilliga ljusa linjer af väte och andra kemiska grundämnen. Det är påfallande, att de mörkröda stjärnorna (Secchis typ IV) allesammans äro mycket svaga — ingen öfverstiger storleken 5 1/2. Deras effektiva strålningskraft är otvifvelaktigt mycket ringa.»

»Det utvecklingsskede, som följer, sedan stjärnan passerat det stadium, som motsvarar Secchis typ IV, illustreras af oss närliggande exempel, nämligen af planeterna: Jupiter och jorden; de skulle vara osynliga, om de ej belystes med lånadt ljus.»

Jupiter har ej framskridit så långt som jorden. Jupiters specifika vikt är något lägre än solens (1,27 resp. 1,38) och denna planet är troligen, afsedt från molnen i dess atmosfär, helt och hållet gasformig, medan jorden, som har en medeltäthet af 5,52, har en fast kall skorpa, inneslutande dess glödheta inre. Detta tillstånd motsvarar stjärnornas sista utvecklingsstadium.

Af de gasmassor, som utkastas ur stjärnorna vid en sammanstötning, kondenseras snart de metalliska till följd af alkylningen, och endast helium och väte stanna i gastillstånd och bilda nebulosaartade massor kring centralkroppen. Dessa nebulosamassor ge lysande linjer. Deras lyskraft är beroende på de negativt laddade partiklar som falla in i dem från närliggande stjärnor, särskildt nebulosans centralkropp. Vid de nya stjärnor, vi hittills iakttagit, minskas dennas strålning hastigt och nebulosa-ljuset har därför i dessa fall hastigt aftagit. I andra fall, såsom hos stjärnorna med ljusa vätgas- och helium-linjer synes centralkroppens eller närliggande stjärnors strålning hålla sig vid full kraft under långa tider.

De nebulosartade samlingarna af helium och vätgas gå

småningom bort och kondenseras under bildande af »explosiva» föreningar i närliggande stjärnor. Därvid synes

heliumet ha det starkaste föreningsbegäret, det försvinner först ur stjärnornas atmosfär. Att helium ingår i kemiska föreningar vid hög temperatur synes framgå af Ramsays, Cookes och Kohlschutters undersökningar.

Sedan absorberas vätgasen och centralkroppens ljus anger den öfvervägande förekomsten af kalcium- och andra metall-ångor i dess atmosfär. Jämsides med dessa uppträda slutligen kemiska föreningar, bland hvilka kol föreningar spela en hufvudroll i stjärnorna af Secchis typ IV, likasom i kometernas gashöljen. Slutligen uppträder en fast skorpa; stjärnan har slocknat. VII.

Nebulosatillståndet och soltillståndet.

Vi vilja nu något närmare skärskåda de kemiska och fysiska förhållanden, som sannolikt känneteckna nebulosorna till skillnad från solarne, och som i många afseenden äro väsentligt olika dem, som vi äro vana att finna hos den af oss undersökta, jämförelsevis kondenserade materien.

Huru genomgripande denna skillnad måste vara, framgår däraf, att det motto af Clausius, som anger summan af vårt vetande angående värmets natur, måste vara ogiltigt för nebulosorna. Detta motto lyder:

»Die Energie der Welt ist constant, Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu» eller: Energimängden i världen är oföränderlig; världens entropi åter sträfvar mot ett maximum.

Hvad som menas med energi torde för hvar och en vara bekant. Energi finnes i många former, de viktigaste äro: lägesenergi; en tung kropp har större energi då den är lyft till en viss höjd öfver jordytan, än då den ligger på denna: rörelseenergi; en afskjuten gevärskula har en energi, som växer proportionellt mot kulans massa och kvadraten på hennes hastighet: värmeenergi, hvilken anses vara rörelseenergi hos en kropps smådelar; elektrisk energi; sådan kan exempelvis samlas i ett ackumulatorbatteri och kan likasom alla andra energiformer omvandlas i värmeenergi: och kemisk energi; sådan före-

kommer exempelvis hos en blandning af åtta gram syrgas och en gram vätgas, som kunna förvandlas till vatten under stark värmeutveckling. Att energin hos ett system, till hvilket ingen energi tillföres utifrån, är konstant, betyder blott att de olika energiformerna hos delar af detta system kunna omsättas till andra energiformer, men att därvid alltid summan af de olika energierna blir oförändrad. Clausius har utsträckt denna sats till att gälla för den oändliga världsrymden.

Med entropi menar man värmemängden hos en kropp, dividerad med värdet på dess absoluta temperatur. Om därför en värmemängd Q öfvergår från en kropp af 100° temperatur (absolut temperatur 373), till en kropp af o° (absolut temperatur 273), så har entropien minskats med

Q/373 och ökats med Q/273. Som den senare kvantiteten är

större, har således entropien i det hela ökats. Vi veta nu, att värme »af sig själft», genom ledning eller strålning alltid går öfver från kroppar af högre till sådana af lägre temperatur. Därvid växer uppenbarligen entropien. Detta är ett exempel på riktigheten af Clausius' sats, att entropien sträfvar att öka sig.

Det enklaste fallet af värmejämvikt är det, som inträffar, om vi i ett rum, som ej mottager värme utifrån eller afger värme utåt, inlägga en del kroppar, som icke ha samma temperatur. Värme kommer då att på något sätt, vanligen genom ledning eller strålning, öfvergå från de hetare kropparna till de kallare. Till slut kommer jämvikt att inträda, när alla kropparna ha samma temperatur. Till en dylik jämvikt sträfvar också enligt Clausius världsalltet. När en dylik jämvikt inträffar, upphöra alla källor till rörelse och därmed till lif. Den så kallade »värmedöden» har inträdt.

Om emellertid Clausius hade rätt, så borde under den oändligt långa tid, världen ägt bestånd, denna värmedöd redan ha inträdt, hvilket alls icke är förhållandet. Eller också skulle världen ej ha bestått oändligt länge utan haft

en början, hvilket emellertid strider mot den första delen af Clausius maxim, att världens energi är oföränderlig, ty i skapelseögonblicket skulle all energi ha blifvit till. Detta är för oss alldeles obegripligt, och vi måste därför söka upp ett fall, för hvilket Clausius entropisats ej gäller.

Den berömde skottske fysikern Maxwell har tänkt sig ett sådant fall. Vi kunna föreställa oss ett kärl, innehållande en gas af öfverallt samma temperatur och afdeladt i tvänne rum, skiljda af en vägg. Denna vägg må vara försedd med en del hål, så små att endast en gasmolekyl åt gången kan passera genom dem. Vid hvarje hål tänker sig Maxwell ett litet intelligent väsen placeradt, som låter alla molekyler, som intränga i hålet och ha en hastighet större än molekylernas medelhastighet, passera igenom från ena sidan, alla, som ha mindre hastighet än medelhastigheten, däremot från den andra sidan. Alla andra molekyler hindras att passera genom hålen med hjälp af en klaff, som det intelligenta väsendet sätter i deras väg. På detta sätt samlas alla molekyler med stor hastighet i den ena afdelningen, alla med liten hastighet i den andra afdelningen af kärlet. Med andra ord värme (som består i molekylers rörelse) flyttas öfver från den ena sidan, som ständigt afkyles, till den andra, som ständigt uppvärmes och därför är varmare än den förstnämnda delen. Värme går således i detta fall öfver från en kallare till en varmare kropp och entropien sjunker.

Nu finnas naturligtvis inga sådana intelligenta väsen i naturen. Men icke dess mindre inträffar ett liknande fall vid de gasformiga himlakropparna. Om gasmolekylerna i en himlakropps atmosfär ha en tillräcklig rörelsehastighet — för jorden uppgår denna till 11 kilometer i sekunden — och röra sig utåt bland de yttersta gaslagren, så gå de bort ur himlakroppens attraktionskrets ut i den oändliga rymden alldeles på samma sätt som en komet, som har tillräcklig hastighet i solens närhet, måste gå bort ur solsy-

stemet. På detta sätt har, enligt Stoneys åsikt, månen förlorat sin ursprungliga luftkrets. Denna gasförlust är nog omärklig för solen och så stora planeter som vår jord; däremot torde den spela en betydande roll inom nebulosornas hushållning, där all strålning från de heta himlakropparna hopsamlas, och där på grund af de oerhörda afstånden himlakropparnas återhållande tyngdkraft är ytterst ringa. På detta sätt förlora nebulosorna i sina yttre delar de hastigast framilande molekylerna och afkylas. Om nu i hela universum endast likartade nebulosor funnes, så skulle de kringirrande afskiljda molekylerna slutligen hamna i en annan nebulosa, och så skulle i alla fall värmejämvikt äga rum mellan de olika nebulosorna och sålunda värmedöden vara genomförd. Men, som vi redan haft att anmärka, befinna sig i nebulosorna flera invandrade himlakroppar, som kring sig kondenserat gaser ur omgifningen och därvid fått en hög temperatur. De kringirrande gasmolekylerna kunna äfven råka in i dessa växande stjärnors troligen mycket utbredda atmosfär, och på detta sätt påskyndas kondensationen under ett ständigt sjunkande af entropien. Genom dylika processer kan världssystemets urverk hållas i ständig gång, så att det icke löper ut.

Kring de i nebulosan invandrade kropparna och kring de rester af den »nya stjärna», som ligga i nebulosans midt, samla sig alltså de gaser, som förut varit spridda i nebulosans spiraler. Dessa gaser härstamma från de explosivämnen, som funnos i den nya stjärnans inre. Sannolikt spela vätgas och helium huvudrollen bland dessa gaser, ty de äro de svårast förtätbara och kunna äfven vid de utomordentligt låga temperaturer, som måste vara förhärskande i nebulosans yttersta delar, förekomma i nämnvärd mängd, medan gaser af andra ämnen måste där vara kondenserade. Äfven om nebulosan hade en absolut temperatur af 50 grader (— 223° C.) skulle ångan af den lättflyktigaste af alla metaller, nämligen kvicksilfver,

förefinnas i så ringa mängd, att om den vore mättad, en enda gram skulle upptaga en rymd motsvarande en tärning hvars sida vore omkring 2,000 ljusår, det vill säga 450 gånger afståndet till närmaste fixstjärnan. För natrium, som också är en mycket flyktig metall, hvilken ju spelar en jämförelsevis stor roll i fixstjärnornas sammansättning, blefve sidan på den kub, som innehölle en gram, omkring en milliard gånger större. Till ännu mera svindlande tal komma vi för magnesium och järn, som ju förekomma ymnigt i fixstjärnorna, och som äro mindre flyktiga än förutnämnda metaller. Häraf se vi, huru oerhördt kraftigt de låga temperaturerna verka för att aflägsna alla ämnen som ej äro utomordentligt svårt kondenserbara, såsom helium och vätgas. Då vi nu känna, att i nebulosorna förekommer ett annat ämne, ofta kalladt nebulium, som kännetecknas genom två karaktäristiska spektrallinjer, som ej äro återfunna hos något jordiskt ämne, så böra vi däraf sluta till, att detta, i öfrigt obekanta, grundämne nebulium bör vara nästan lika svårt att kondensera som vätgas och helium. Dess kokpunkt bör därför likasom vät-gasens uppskattningsvis ligga under 50 graders absolut temperatur.

Att således vätgas och helium jämte nebulium ensamma synas förekomma i de starkt utbredda nebulosorna, beror troligen endast på deras låga kokpunkt. Ett antagande af, att alla andra ämnen sönderfalla i väte och helium (samt nebulium) vid yttersta förtunning, i enlighet med Lockyer's uppfattning, är alldeles ogrundadt.

Man har gjort den iakttagelsen, att de olika linjerna i nebulosornas spektra ej ha samma utbredning inom nebulosaområdet. Så till exempel fann Campbell vid undersökningen af en liten planetarisk nebulosa i närheten af den stora Orion-nebulosan, att nebulium i detta objekt ej hade samma utsträckning som vätgasen. Nebuliumet, som var koncentreradt i nebulosans midt, har därför sannolikt en högre kokpunkt än väte och förekommer därför i märkbar mängd i nebulosans inre partier, som äro hetare än de yttre. Systematiska undersökningar af denna art synas kunna leda oss till en djupare kännedom af temperaturförhållandena inom dessa märkvärdiga himmelsobjekt.

Ritter och Lane hafva gjort intressanta beräkningar angående jämviktsförhållandena i en gasformig himlakropp, som är af så liten täthet, att gaslagarna därpå kunna tillämpas. Detta torde kunna ske för gaser eller gasblandningar, hvilkas täthet ej öfverstiger en tiondedel af vattnets, eller en fjortondedel af solens nuvarande täthet. Naturligtvis blir trycket i de centrala delarna af en sådan gasmassa större än i de yttre delarna, af samma grunder som tätheten i jordens atmosfär tilltager uppifrån och nedåt. Om nu en luftmassa i jordens atmosfär förflyttas 1000 meter uppåt, så vidgas dess volym och temperaturen sjunker med 9,8 grader. Om ytterst häftiga vertikala rörelser ägde rum i luftmassorna, så skulle deras temperatur ändra sig på detta sätt med höjden; värmestrålningen sträfvar likväl att utjämna de så uppkommande temperaturskillnaderna. Följande beräkning af Schuster angående förhållandena hos en gasmassa af solens storlek stöder sig på Ritters undersökning. Den är gjord under förutsättning att värmeförhållandena i gasmassan bestämmas endast af gasmassornas rörelse och ej af strålningen. Beräkningen gäller för en stjärna, som har samma massa som solen (i,9.1033 gram eller 324,000 gånger jordens massa) och en radie som är tio gånger solens (10x690,000 kilometer) eller hvars medeltäthet är 1,000 gånger mindre än solens medeltäthet (eller 0,0014 gånger vattnets täthet vid 4° C.) I följande tabell anges till en början afståndet från stjärnans midtpunkt uti bråkdelar af dess radie. Tätheten uttryckes på vanligt sätt i vattnets såsom enhet. Trycket angifves i tusentals atmosfärer. Temperaturen angifves i tusental Celsiusgrader; denna ändrar sig proportionellt mot molekylarvikten hos den gas, stjärnan består af; de i tabellens fjärde kolumn gifna temperaturerna gälla för en gas af molekylarvikten 1, det vill säga för vätgas som är sönderdelad i atomer, såsom den otvifvelaktigt är på solen och på stjärnorna. Antoge man stjärnan bestå af järn, så finge man multiplicera de sist nämnda talen med järnets molekylarvikt, 56. De motsvarande talen stå i den femte kolumnen.

Afstånd medelp.	specifik vikt	Tryck i 103 at- mosf.	Temperatur i vätgas i i 103 °C	järngas
0	0,00844	852	2,460	137,500
0,1	0,00817	807	2,406	134,600
0,2	0,00739	683	2,251	126,100
0,3	0,00623	513	2,007	112,400
0,4	0,00488	342	1,707	95,600
0,5	0,00354	200	1,377	77,100
0,6	0,00233	100	1,043	58,400
0,7	0,00136	4o	728	48,800
0,8	0,00065	12	445	24,900
0,9	0,00020	1,7	202	11,300

1,0 0,00000 O 0 0

Schusters beräkning är egentligen gjord för solen, det vill säga en himlakropp, hvars diameter är 10 gånger mindre och hvars specifika vikt följaktligen är 1,000 gånger större än de här ofvan gifna värdena. Enligt gravitationslagen och gaslagarne bör trycket då vara 10,000 och temperaturen 10 gånger högre än ofvanstående tabell anger. Tätheten blir emellertid då i de inre delarna allt för hög, för att gaslagarna skulle kunna tillämpas. Jag har därför ändrat beräkningen till att gälla för en himlakropp hvars radie är 10 gånger större än solens, eller 1,080 gånger större än jordens och som fyller ut ett afstånd af en tjugotvåondel af vägen mellan solens medelpunkt och jordbanan, en himlakropp, som sålunda likväl har en mycket ringa utbredning jämförd med nebulosorna.

Påfallande äro de utomordentligt höga trycken i himlakroppens inre delar. Dessa bero på den stora massan och de små afstånden. För solens medelpunkt skulle

trycket uppgå till 8,520 miljoner atmosfärer, då trycket växer omvändt som fjärde potensen på himlakroppens radie. I själfva verket är nog trycket vid solens medelpunkt af denna storleksordning men något mindre. Skulle solen breda ut sig till en klotformig (planetarisk) nebulosa af 1,000 gånger dess nuvarande lineära dimensioner, det vill säga nästan fyllande jupiterbanan, så skulle specifika vikten i dess medelpunkt sjunka till en miljondel af det ofvan gifna värdet, det vill säga äfven där materien vore mest koncentrerad i denna nebulosa, skulle den dock ej vara tätare än i de starkast utpumpade vakuumrör, som vi kunna åstadkomma (vid vanlig temperatur). Trycket skulle också vara betydligt reduceradt, nämligen till endast omkring 6 millimeter, i gasmassans medelpunkt. Men temperaturen skulle vara ganska hög i medelpunkten, nämligen 24,600 grader, om nebulosan bestode af vätgas i atomtillstånd, och 56 gånger högre, om den bestode af järngas. En dylik nebulosa skulle ha omkring hälften så stor förmåga att hålla kvar gaser som jorden, gasmolekyler, som rörde sig utåt med omkring 5 kilometers hastighet i sekunden, skulle för alltid försvinna ur hennes atmosfär.

Beräkningen af temperaturerna i dessa gasmassor är nog något osäker. Man förutsätter nämligen därvid, att strålning och värmeledning ej förmå utöfva något nämnvärdt inflytande. Detta torde väl vara riktigt för värmeledningen, men strålningen torde ej kunna försummas. Detta förorsakar att temperaturerna i nebulosans inre bli lägre än räkningen visar. Det är emellertid svårt att uppskatta inflytandet af denna faktor.

Om massan af himlakroppen är en annan än den som ofvan förutsatts t. ex. dubbelt så stor, så har man endast att ändra trycket och tätheten i hvarje lager i samma proportion, t. ex. till dubbla värdet af hvad ofvan angifvits, temperaturen blir oförändrad. Vi hafva således möjlighet att göra oss en föreställning om tillståndet i en gasnebulosa af hvilken utsträckning och massa som hälst.

Såsom Lane påvisat, hvilket äfven antydts vid den ofvan gjorda beräkningen, ökas temperaturen hos en dylik nebulosa, om den till följd af värmeförlust sammandrager sig. Tillföres däremot värme utifrån, så uttänjer sig nebulosan, under afkylning. Troligen förlorar en nebulosa af denna sort värme och stegrar småningom sin temperatur tills den öfvergår till en stjärna, till en början med stark helium- och vätgas-atmosfär motsvarande de yngsta stjärnorna (med hvitt ljus). Småningom bildas vid temperaturens stegring de utomordentligt energiska kemiska föreningar, som karaktärisera solarnas inre, i det att helium och vätgas, som vid nebulosans nybildning frigjordes ur sina explosiva föreningar och störtade ut i rymden, åter diffundera in i stjärnans inre, där de bindas vid sagda föreningars nybildning. Den starka vätgas- och helium-atmosfären försvinner (heliumet först), stjärnan blir allt mera sammandragen och trycket växer ofantligt och likaså strömningarna i gasmassorna. I stjärnans atmosfär äger en stark molnbildning rum och stjärnan erhåller småningom de egenskaper, som karaktärisera vår sol. Denne förhåller sig helt annorlunda än de gasnebulosor, för hvilka Lanes, Ritters och Schusters räkningar gälla. Sedan nämligen sammandragningen af en gas pågått till en viss grad, ökas trycket i förhållandet 1 till 16, då volymen aftar i förhållandet 8 till 1, utan att någon temperaturändring därvid äger rum. När gasen nått denna punkt och sammantryckes vidare, så håller sig temperaturen vid jämvikt oförändrad. Vid ännu högre tryck åter måste temperaturen sänkas, för att jämvikt skall kunna bibehållas. Enligt Amagats undersökningar inträffar detta vid 17° för gaser, hvilkas temperatur är långt öfver deras kritiska punkt, såsom väte och kväfve, vid ett tryck af

300 och 250 atmosfärer. Vid dubbelt så hög absolut temperatur (— 307 ° C.) fordras omkring dubbelt så stort tryck och så vidare.

Vi kunna nu beräkna för vår nebulosa, när den genomlöper detta kritiska stadium, hvarefter hennes tempe-

ratur måste sjunka. En beräkning ur siffrorna här ofvan ger vid handen, att halfva massan af nebulosan rymmes innanför afståndet 0,53 af nebulosans radie, medan om massan vore af samma täthet öfverallt, dess hälft skulle uppta rummet innanför 0,84 af radien. Vi kunna nu söka utröna, när massan vid denna gräns öfverskrider det nyssnämnda stadiet, medan den utanför belägna delen ännu förblir under detsamma. Då detta inträffar, bör nebulosan i dess helhet gå genom sin maximitemperatur. Vi räkna nu med de temperaturer, som gälla för gasformigt järn, ty i nebulosans inre torde medelmolekylarvikten nog uppgå till minst 56 (järngasens molekylarvikt). Vi finna i ofvan gjorda beräkning, att trycket i afståndet 0.53 är omkring 177,000 atmosfärer och temperaturen omkring 71 miljoner grader, det vill säga 245,000 gånger högre än den absoluta temperaturen vid Amagats försök. Det nämnda stadiet skulle då uppnås, när trycket vore omkring 245,000 gånger större än 250 atmosfärer, det vill säga 61 miljoner atmosfärer. Då nu trycket är endast 177,000 atmosfärer, så är ofvan beräknade nebulosa ännu långt ifrån det utvecklingsstadium, då afkylningen börjar. Det är lätt att beräkna, att detta inträffar, då nebulosan dragit ihop sig till en volym som är omkring 3 gånger större än solens. Det ofta uttalade påståendet, att solen möjligen kunde få en ökad temperatur är således ohållbart, denna himlakropp har redan för länge sedan passerat höjdpunkten i sin temperaturutveckling och är nu stadd i afsvalnande. Då de af Schuster beräknade temperaturerna otvifvelaktigt äro betydligt för höga, bör afsvalnandet ha inträdt på ett ännu tidigare stadium. Men stjärnor sådana som Sirius, hvilkas täthet troligen icke uppgår till mer än omkring en procent af solens, befinna sig sannolikt fortfarande i temperaturstegring; dessa stjärnors tillstånd motsvarar ungefär det hos den ofvan som exempel anförda gasmassan.

Ännu ofantligt mycket volyminösare äro de planetari-

ska nebulosorna. Hvilken oerhörd storlek dessa himlakroppar stundom besitta, framgår däraf, att den största af dem, N:o 5 i Herschels katalog, belägen nära stjärnan B i Stora Björnen har en diameter af 2.67 bågminuter. Om den låge oss så nära som den närmaste stjärnan, så skulle likväl dess diameter vara mer än tre gånger större än Neptunus-banans. Den är otvifvelaktigt många gånger större. Härigenom få vi en föreställning om den oerhörda förtunningen uti en dylik himlakropp. Äfven där den är tätast är dess täthet sannolikt ej större än omkring en biljondel af luftens. I de yttre partierna af dessa nebulosor måste också temperaturen vara ytterst låg; i annat fall skulle de ej kunna hållas samman och därför kunna i dem endast vätgas och helium förekomma (i gasform).

Dessa himlakroppars täthet och temperatur äro emellertid att betrakta såsom jättestora, om man jämför dem med förhållandena hos gaserna uti nebulosornas spiraler. I dessa härskar aldrig jämvikt, och endast på den grund, att de verkande krafterna äro utomordentligt små, kunna dessa bildningar behålla sina former jämförelsevis oförändrade under långa tider. Det är väl hufvudsakligen dessa partier, i hvilka de kosmiska stoftmassorna hejdas i sin rörelse, genom hvilkas sammanslutning småningom planeter uppstå. Dessa kondensera på sin yta de gaser, som komma i deras väg och nå därigenom en hög temperatur hvilken de likväl jämförelsevis hastigt förlora genom utstrålning.

Så vidt man vet, utmärka sig spiralnebulosorna genom kontinuerliga spektra. De i dem befintliga stjärnornas glans öfverstrålar fullkomligt töckenmassornas svaga ljus. Otvifvelaktigt befinna sig dessa genom kondensation uppkomna stjärnor i ett tidigt utvecklingsskede och motsvara således hvita stjärnor, såsom den nya stjärnan i Perseus och centralstjärnan i Lyrans ringnebulosa. Det oaktadt har man funnit att Andromedanebulosans spektrum har ungefär samma utsträckning som de gula stjärnornas.i6i

Detta torde möjligen bero därpå, att ljuset från stjärnorna i denna nebulosa, som vi se nästan från dess kant, delvis utsläckes af stoft i dess yttre delar, liksom fallet var med ljuset från den nya stjärnan i Perseus under hennes period af växlande ljusstyrka.

Våra undersökningar förde oss till den slutsatsen, att kring centralkroppen i en nebulosa är lagrad en oerhördt

utsträckt gasmassa som roterar kring sin axel, och därutanför röra sig kring centralkroppen de öfriga kondensationscentra med anhopningar af gasmassor kring dem. På grund af friktion mellan dessa invandrade massor och den ursprungliga gasmassan, som roterar i centralkroppens äkvatorialplan ha de invandrade massorna alltmer närmat sig sagda plan, som därför föga skiljer sig från ekliptikan. Slutligen erhålla vi ett verkligt planetsystem, däri planeterna äro omgifna af kolossala gasbollar likasom stjärnorna i Plejaderna (se fig. 43). Om nu, såsom i solsystemet, planeterna ha mycket liten massa jämförd med centralkroppen, afkylas de ofantligt mycket hastigare än denna. Deras gasmassor sjunka hastigt tillsammans och därvid minskas deras rotationstid, som ursprungligen på grund af tidvattens-verkan i gasmassan sannolikt föga skiljde sig från centralkroppens. Till följd af centralkroppens alltjämt mycket stora utsträckning utöfva de kringvandrande planeterna en mycket stor tidvattens-verkan på denna. Dennas omvridningshastighet minskas och planetens omloppstid sträfvar att ökas. Därigenom störes jämvikten och återställes på det sätt, att planeten, så att säga, lyftes bort från solen, såsom G. H. Darwin så sinnrikt visat angående månens förhållande till jorden. Likartade förhållanden göra sig gällande kring planeterna, som på detta sätt erhålla sina månar. Sålunda erhåller man en förklaring af det märkvärdiga förhållandet, att alla planeter röra sig i nästan samma plan, den så kallade ekliptikan, längs banor, som äro nära cirkelformade och

1 1

att de alla röra sig i samma led och ha samma rotationsriktning som centralkroppen solen.

För att förklara detta förhållande ha flera tänkare och astronomer antagit en åsikt, som enligt de främsta bland dem kallats Kant-Laplaceska hypotesen. Hos Swedenborg finner man ansatser i denna riktning. Han antog att vårt planetsystem under hvirfvelbildning utvecklat sig ur ett slags kaos, som påverkadt af elektriska och magnetiska krafter kom att beskrifva en kretsande rörelse kring solen. Kant införde tyngdkraften såsom den sammanhållande principen. Laplace återigen korrigerade bort de fel, som Kant, såsom allt för oskolad inom mekanikens område, inlagt i sin åskådning. Laplace antog således, att urnebulosan, ur hvilken vårt solsystem utvecklats, roterade kring en axel i dess midt, medan Kant antagit, att rotationen småningom uppkommit genom sammanstötningar af rätlinigt framilande småkroppar, hvilket ej går att förlika med mekanikens principer. Enligt Kant skulle vid systemets sammandragning ringar, ungefär liknande dem kring Saturnus ha afsnört sig och sedan bildat planeterna och deras månar (och ringar). Man är nu ense om, att på detta sätt skulle en massa små meteorer eller småplaneter ha uppstått, hvilka skulle kretsat kring solen, men den nuvarande samlingen af stora planeter skulle på detta sätt ej kunna förklaras. I självfva verket iakttaga vi sådana stoftringar, som kretsa kring Saturnus, de innersta snabbast, de yttersta långsammast, alldeles såsom en samling af ytterst små månar.

Många andra invändningar ha, särskildt på senare tid af Moulton och Chamberlin, gjorts mot Laplaces hypotes, som alls icke synes hållbar. Jag har därför ersatt densamma med ofvan gifna utveckling. Ganska påfallande är att de yttersta planeternas, Neptunus' och Uranus' månar alls icke röra sig i plan som ligga nära ekliptikan, Neptunus' måne har till och med så kallad retrograd rörelse, det vill säga, den rör sig i motsatt led mot hvad

Laplaces hypotes antar. Detsamma synes också vara fallet med en sista året upptäckt måne gående kring Saturnus. Alla dessa fakta voro okända för Laplace, som, om han känt dem, knappast skulle framkommit med sin hypotes, åtminstone ej i den form, han gaf densamma. Förklaringen på dessa iakttagelser möter ingen svårighet. Det synes rimligt att i urnebulosans yttre delar materien var så ytterligt förtunnad, att den ej helt förmådde inställa de invandrade himlakropparnas rörelser efter den stora gemensamma rotationen i solens äkvatorialplan. Tvärtom afgick planeten med dess måne såsom segrare inom det mindre område, inom hvilket de roterade, på grund af den ringa mängden materia i deras väg. Endast den långsamma rörelsen i banan kring solen blef påverkad, så att den intog den gemensamma riktningen och cirkelformen. Det är ej otänkbart att ännu längre bort i rymden inom solsystemet planeter finnas, som vi ej känna, och hvilka röra sig på fullkomligt irreguljära banor, likasom kometerna. Dessa ha sannolikt invandrat i solsystemet på en senare tid, då kondensationen nått så långt, att hufvudmassan af töckenmaterien var borta från det interplanetariska rummet.

Chamberlin och Moulton hafva visat, att de svårigheter som vidlåda den Kant-Laplace'ska hypotesen undgås

genom antagandet, att solsystemet utvecklat sig ur en Spiralnebulosa, i hvilken främmande kroppar invandrat och hopsamlat töckenmaterien i omgifningen. Man ser också ofta huru töcknet försvunnit i närheten af de stjärnor (motsvarande blifvande planeter) som finnas i nebulosorna.

Såsom slutresultat af denna undersökning kunna vi framställa följande jämförelse mellan de åsikter, som ännu för kort tid sedan voro gällande, och de perspektiv, som öppnats för vår blick genom de senaste tidernas upptäckter.

Till följd af Newtons gravitationskraft, hvilken man till början af detta århundrade ansåg behärska den materi-

ella världens rörelser och utveckling, borde himlakropparna sträfva att gyttra ihop sig till allt större massor. Under de oändliga tidernas lopp borde utvecklingen ha framskridit så långt, att endast stora solar, lysande eller slocknade, borde förefinnas. Allt lif skulle under sådana förhållanden vara omöjligt.

Och dock se vi i solens närhet en hel del mörka kroppar, planeterna, och vi ha grund att antaga att i närheten af andra stjärnor finnas mörka himlakroppar, ty på annat sätt kunna vi ej förklara för oss dessa stjärnors egendomliga fram- och återgående rörelser. Likaså iakttaga vi, att mot jorden instörta en hel del små himlakroppar i form af meteoriter och stjärnskott, som komma till oss från rymdens aflägsnaste delar.

Förklaringen till dessa afvikelser, från hvad vi kunde förmoda bli följden af tyngdlagens uteslutande verkan, ligger i två omständigheter; verkan af strålningstrycket och sammanstötningen mellan himlakroppar. Genom den senare uppstå stora gashvirflar kring nebulosaartade, gasformiga himlakroppar. Genom strålningstrycket föres kosmiskt stoft, som delvis kan vara hopgyttradt till meteoriter och kometer, in i gashvirflarna och bildar där, tillsammans med kondensationsprodukter ur de omgifvande gasmassorna, planeter och med dem följande månar.

Strålningstryckets spridande verkan håller således jämnvikten mot tyngdlagens sträfvan att allt mer hopsamla materien. Gashvirflarna i spiralnebulosorna tjäna endast till att fixera läget af det genom strålningstrycket från solarna bortstötta stoftet.

Gasmassorna i nebulosorna utgöra de viktigaste hopsamlingsställena för det stoft, som stötes bort från solarna genom strålningstrycket. Om världen vore begränsad, såsom man förr ansåg, det vill säga stjärnorna låge hopgyttrade i en stor samling, och därutanför endast funnes det oändliga tomrummet, så skulle solarna under obegränsade tider hafva under strålningstryckets inverkan afstött

stoftmassor, som skulle försvunnit ut i den oändliga rymden, såsom man vanligen antar om den strålande energien från solarna.

Världens utveckling borde då för länge sedan ha fört till ett slut, ett slags förintande af all materia och af all energi. Att detta betraktelsesätt alls icke är tillfredsställande har framhållits af bland andra Herbert Spencer, som angaf, att ett kretslopp måste förefinnas i världsutvecklingen. Detta är uppenbarligen oundgängligt för ett ständigt bestående system. I de tunna, gasformiga, kalla delarna af nebulosorna hafva vi den del af världsmaskineriet, som håller jämvikten mot solarnas slöseri på materia och ännu mer på kraft. De invandrade stoftpartiklarna mottaga solarnas strålning och afgifva sitt värme åt de enstaka gasmolekyler hvilka stöta mot dem. Hela gasmassan utvidgas och afkyles (jfr sid. 158) genom denna värmeupptagning. De energirikaste molekylerna gå bort och ersättas af nya inifrån nebulosans tätare delar, som äfven afkylas genom utvidgningen. Så upptages hvarje värmestråle, som utgår från solarna och dess energi öfverföres genom nebulosans gasdelar till de i bildning varande solar, som finnas i nebulosans närhet eller i hennes inre delar, kondenserade kring invandrade attraktionscentra eller rester af de ursprungligen sammanstötta himlakropparna. Materien kan där åter hopa sig samman under den starka köld, som där råder, medan, såsom Poynting visat, strålningstrycket ännu vid den temperatur, som härskar på jorden, är tillräckligt för att hålla kroppar från hvarandra, som ha 3.4 cms diameter, om deras specifika vikt är lika stor som jordens (5.5). Vid Neptunus' bana, där temperaturen är omkring 50 grader absolut, d. v. s. ungefär så som i nebulosorna, nedgår denna storlek till omkring 1 millimeter. Som ofvan antydt, spela förmodligen kapillarkrafter, som göra sig gällande genom medverkan af på stoftkornen kondenserade gaser, och ej tyngdkraften, en hufvudroll vid det första sammanhö-

pandet af smådelarna. Likaså kan energien där hopa sig mot lagen om entropiens ständiga tillväxt.

Under denna konserverande verksamhet förtunnas gasskikten hastigt men ersättas af nya massor från inre delar af nebulosan, till dess de äro uttömda och nebulosan förvandlats till en stjärnhop eller planetsystem kring en eller flera solar. Nya nebulosor bildas genom dessas sammanstötning.

En hufvudroll vid utveckligen från nebulosa- till stjärnstadiet och vid nybildningen af nebulosor efter sammanstötningen af två mörka eller lysande himlaklot, spela explosivämnen, troligen innehållande väte och helium (och sannolikt äfven nebulium) i förening med kol och metaller. Värmelärans hufvudsatser leda till antagandet, att dessa explosivämnen bildas vid solarnas utveckling och förstöras vid deras sammanstötning. Den oerhörda energimängd, som ligger hopad i dessa kroppar, motsvarar kraftigt verkande svänghjul i världsmaskineriet, hvilka reglera dess gång och åstadkomma att den pendlande, fram-och återgående rörelsen från nebulosa till solstadiet, och omvändt, pågår i jämn rytm under de oöfverskådliga epoker, som vi måste anse vara karaktäristiska för världsutvecklingen.

Genom denna kompenserande samverkan mellan tyngdkraft och strålningstryck samt mellan temperaturutjämning och värmekoncentration blir det möjligt att världsutvecklingen kan pågå i en ständig kretsgång, där vi icke kunna skönja någon början lika litet som något slut, och vid hvilken äfven lifvet har ständigt oförminskad utsikt att göra sig gällande. VIII.

Lifvets utbredning genom världsrymden.

Vi ha nyss sett, hurusom det är troligt, att solsystem utveckla sig ur nebulosor och att nebulosor uppstå genom sammanstötning af solar. Vi ha äfven funnit det sannolikt, att kring de nybildade solarna mindre himlakroppar kretsa, hvilka hastigare afkylas än den centrala solen. Sedan dessa öfverdragas med en fast skorpa, som delvis täckes af haf, kunna de, under gynnsamma omständigheter, likasom jorden, och sannolikt äfven Mars och Venus, vara tillhåll för organiskt lif och därigenom afvinna oss ett större intresse än det, som skulle komma dem till del, ifall vi vore tvungna att antaga dem bestå af uteslutande liflös materia.

Det uppstår då naturligen den frågan, om lifvet verkligen kan antagas hålla sitt intåg på en himlakropp, så snart omständigheterna där äro gynnsamma för lifvets utveckling och utbredning. Denna fråga skall sysselsätta oss i detta sista kapitel.

Redan den tidigaste eftertanke öfver det organiska lifvets företeelser måste hafva gjort människan uppmärksam på, att alla lefvande väsen alstras och, efter en viss kortare eller längre lefnadstid, dö. Något senare, men äfven detta på ett ganska tidigt stadium, måste äfven den erfarenhet ha gjort sig gällande, att organismer af en art endast kunna alstra andra organismer af samma art, eller, som man kallar det: arterna äro stabila. Man föreställde sig

på denna ståndpunkt, att alla arter ursprungligen framträdt ur skaparehanden i deras nuvarande skick. Detta åskådningssätt motsvarar väl ännu den allmänna, så att säga ortodoxa, föreställningen.

Denna uppfattning kallas ofta den Linnéanska, emedan Linné i den femte upplagan af sin »Genera plantarum» strängt håller på densamma: »Species tot sunt, quot di-versas formas ab initio produxit Infinitum Ens, quae deinde formae secundum generationis inditas leges produxere plures, at sibi Semper similes, ut species nunc nobis non sint plures quam fuerunt ab initio» eller: »Det finnes så många skilda arter, som det oändliga väsendet frambragt former från början. Sedermera ha dessa former enligt arfslagen alstrat flera varelser, som alltid liknat dem, så att vi för närvarande icke äga flera arter än de som funnos från början». I den sjätte upplagan hyllar emellertid Linné evolutionsteorien, i det han efter orden »diversas formas» tillagt »et constantes» och efter orden »produxere plures» ersatt de följande orden med »sibi similes, quam-quse fuere ab initio», hvarigenom betydelsen blef följande: »Det finnes så många skilda arter, som det antal olika och oföränderliga former, hvilka skapats af det oändliga väsendet från början. Dessa former ha sedermera enligt arfslagarne framalstrat flera former än som funnos från början, men som dock likna dem». Linné följdes af Lamarck och Oken, men Cuvier återförde genom sin auktoritet den allmänna meningen till dess gamla ståndpunkt och antog, att de från

förgångna geologiska epoker kända, nu utdöda, varelserna förintats genom naturrevolutioner, hvarefter nya arter uppstått genom nya skapelseakter.

En omhvälfning i allmänhetens föreställningssätt har emellertid mycket hastigt försiggått under de sista årtiondena genom evolutionslärans stora utbredning, särskildt sedan den odödlige Charles Darwin utvecklat densamma i sina banbrytande arbeten.

Enligt denna lära anpassa sig arterna under tidernas lopp efter de yttre förhållandena, och så småningom kan förändringen bli så stor, att man kan säga, att en ny art uppstått ur en gammal. Denna åsikt har till och med på den sista tiden, genom De Vries' arbeten, förskärpts därhän, att vi nu säga, att fall förekomma, då under våra observationer nya arter rent af språngvis uppstå ur äldre. Denna lära kallas mutationsteorien.

Vi föreställa oss därför nu, att de lefvande organismer, som vi iakttaga omkring oss, alla härstamma från äldre, med dem ganska olika organismer, af hvilka vi finna spår och rester uti geologiska aflagringar, som afsatts miljoner och äter miljoner år tillbaka. Enligt denna åsikt kunna alla nu lefvande organismer möjligen härstamma från en enda ytterst enkel varelse, men det återstår då att uppvisa huru denna tillkommit.

Den gängse föreställningen bland allmänheten är väl den, som hyllades redan af antikens män, nämligen att lågt stående organismer kunna utvecklas utan frön. Man iakttog nämligen, huru lågt stående organismer, larver o. s. v. uppstå på ruttnande kött, såsom Ovidius beskrifvit i sina Bucolica. Denna åsikt höll sig allmänt ända till 1600-talet, men vederlades genom talrika försök af bland andra Swammerdam och Leuwenhoek. Denna lära om den s. k. »generatio spontanea» eller själfalstringen blossade emellertid upp till nytt lif, sedan man upptäckt de s. k. infusionsdjuren eller de små organismer, som, utan att man vidtager några åtgärder därför, uppkomma i dekokter och infusioner. Spallanzani visade likväl (1777), att om infusionerna, äfvensom de omslutande kärlen och luften öfver dem, uppvärmdes tillräckligt för att döda alla frön, så blefvo infusionerna sterila, d. v. s. inga lefvande varelser utvecklades däri. På denna omständighet grundar sig metoden att bereda konserver. Man gjorde likväl invändningar mot denna bevisföring och sade, att luften blifvit så förändrad vid upphettningen, att därigenom utvecklingen af småorganismerna omöjliggjordes. Emellertid vederlades äfven denna sista invändning af kemisterna Chevreul och Pasteur samt af fysikern Tyndall på 1860-och 1870-talen, i det de visade, att luft, som blifvit befriad från småfrön på annat sätt än genom stark upphettning, t. ex. genom filtrering genom bomull, är otjänlig för organismernas utveckling. Särskildt Pasteurs arbeten och de på dem grundade steriliseringsmetoderna, hvilka dagligen användas på de bakteriologiska laboratorierna, ha allt mer tvingat oss att antaga, att frön äro nödvändiga för lifvets uppkomst.

Och dock taga alltjämt framstående forskare till pennan för att bevisa, att vi måste tänka oss möjligheten af generatio spontanea. De använda därvid ej det säkra naturvetenskapliga studiesättet, utan fastmer ett filosofiskt betraktelsesätt. »Lifvet», säga de, »måste någon gång hafva tagit sin begynnelse, därför måste vi antaga att 'generatio spontanea', om den också ej kan realiseras under nuvarande förhållanden, en gång har förekommit.» Stort uppseende väckte det, då den store engelske fysiologen Huxley i från hafsbottnen upphämtadt slam trodde sig finna en ägghviteartad kropp, hvars förmenta upphof han kallade »Bathybius Haeckelii» till ära för den ifrige tyske darwinisten Haeckel. I denna »Bathybius» ('djup-organism') trodde man sig en tid hafva funnit det ur oorganisk materia härrörande »urslem», från hvilket alla organismer kunde antagas hafva utvecklat sig, och om hvilket Oken drömt. Men närmare undersökningar af kemisten Buchanan ha ådagalagt, att detta »urslem» endast bestod af genom sprit-tillsats utfällda gipsflockar.

Man tog nu sin tillflykt till mycket fantastiska förklaringssätt. Man sade, att lifvet möjligen kunde ha sitt ursprung från jordens inre glödande massa. Vid hög temperatur kunde möjligen organiska föreningar (cyan-föreningar och derivat däraf) bildas, som vore bärare af lif (Haeckel). Emellertid torde det vara föga skäl att ingå på dessa spekulationer, innan de fått någon experimentell grundval.

Vi måste därför sluta oss till den dom, som den store fysikern lord Kelvin fäller öfver denna åsikt med följande ord: »En mycket gammal åsikt, till hvilken ännu mången naturforskare ansluter sig, är den, att under

meteorologiska förhållanden, mycket olika de nu rådande, död materia kan hafva 'kombinerats' eller 'kristalliserats' eller 'förjästs' till 'lifsfrön' eller 'organiska celler' eller 'protoplasma'. Vetenskapen lämnar emellertid ett ofantligt material af induktiva bevis mot denna 'spontana generation'. Liflös materia kan icke öfvergå till lefvande utan under inflytande af lefvande substans. Detta synes mig vara en lika säker lärosats som någonsin lagen om den allmänna gravitationen.»

Oaktadt detta sistnämnda yttrande kan synas något öfverdrifven visar det likväl, huru tvingande nödvändigheten synts för åtskilliga forskare att söka en annan utväg ur svårigheterna. En sådan finnes verkligen uti teorien om den s. k. »Panspermien», enligt hvilken lifsfrön irra omkring i världsalltets rymder och träffa planeterna samt fylla deras yta med lif, så snart villkoren för organismers fortvaro därstädes blifvit uppfyllda.

Troligen har denna idé ganska gamla anor. Tydliga uttalanden i denna riktning finnas (1821) hos fransmannen Sales-Guyon de Montlivault, som antog, att frön från månen uppväckt det första lifvet på jordens yta. En tysk läkare, d:r H. E. Richter, sökte fullkomna den Darwinska läran genom att till denna foga idén om Panspermien (1865). Han har låtit inspirera sig af Flammarions bok om flertalet af bebodda världar, till att antaga, att frön kommit till jorden från någon annan af organismer bebodd värld. Han framhåller, att man i meteoriter, som ju hafva banor motsvarande de i rymden kringströfvande kometerna, funnit kol, hvilket han anser vara rester af organismer. Detta sista antagande är likväl alldeles obevisadt, det i

meteoriterna funna kolet har aldrig visat spår af organisk struktur, och man kan mycket väl tänka sig kol af oorganiskt ursprung, sådant finnes exempelvis på solen. Ännu äfventyrligare är hans förslag, att organismer, hvilka sväfva högt uppe i luften skulle kunna infångas genom attraktionen af en förbiflygande meteorit och på detta sätt bringas ut i världsrymden och transporteras till andra himlakroppar. Meteoritens yta blir nämligen vid passagen genom atmosfären glödande och skulle därför tillintetgöra de frön som möjligen kunde tänkas infångade af densamma. Och om en meteorit, trots allt, skulle bära lifskraftiga frön på sin yta, så skulle desamma vid nedfallandet till jordens eller en liknande planets yta förbrännas i atmosfären.

Men i en punkt måste vi ge Richter rätt, det är full logik i hans sats: »Världsrummet är fylldt med (rättare innehåller) vardande, mogna och döende världskroppar, hvarvid vi med mogna förstå sådana, som ha förmåga att härbärgera lefvande organismer. Vi anse därför tillvaron af organiskt lif i världen vara evig, det har alltid funnits och har ständigt fortplantat sig, alltid i form af lefvande organismer, celler och af celler sammansatta individer.» Likasom människorna förr spekulerade öfver materiens vardande, men uppgifvit detta sedan erfarenheten visat, att materien är oförstörbar och endast kan omvandlas, och likasom vi af liknande grunder aldrig ställa upp det spörsmålet hvarifrån rörelseenergin ursprungligen kommit, likaså kunna vi väl vänja oss vid tanken, att lifvet är evigt, och att det således är resultatlöst arbete att forska efter dess ursprung.

Richters tankar upptogos sedan af den berömde botanikern Ferdinand Cohn uti ett populärt föredrag år 1872. Kanske mest bekant bland dylika yttranden är det af den store fysikern, sir William Thomson, numera lord Kelvin, hvilken i sitt presidietal inför brittiska naturforskaremötet i Edinburgh år 1871 bland annat sade: »Om två himla-

kroppar sammanstöta i rymden, så smälter säkerligen en stor del af dem, men det synes vara likaså visst, att i många fall en massa spillror kastas ut i alla riktningar, bland hvilka många kunna tänkas icke ha lidit större våld, än klippstycken vid ett jordskred eller vid en bergsprängning med krut. Skulle vår jord, i dess nuvarande tillstånd med dess vegetationstäcke, stöta samman med en ungefär lika stor himlakropp, så skulle många stora och små brottstycken, bärande frön och lefvande växter och djur, otvifvelaktigt strös ut i rymden. Eftersom nu sedan oändliga tider det otvifvelaktigt funnits världar, bärande lif, så måste vi betrakta det såsom högst sannolikt, att det finnes oändligt många fröbärande meteorstenar, som irra omkring i rymden. Om nu intet lif funnes på jorden, skulle en sådan meteorsten, som fölle ned på jorden, kunna leda därhän att den öfvertäcktes med växtlighet. Jag vet fullväl, att många vetenskapliga invändningar kunna resas mot denna hypotes; jag vill ej trötta ert tålamod med att diskutera dem i denna stund, allt hvad jag kan säga är, att jag tror att de kunna besvaras. »

Dess värre kunna vi ej dela lord Kelvins optimism i denna punkt. Till en början är det tvifvelaktigt, om lefvande

varelser skulle uthålla den våldsamma stöten vid sammanstörtandet af två världskroppar. Vidare veta vi, att en meteorit, som nedfaller på jorden, glödgas genom gnidningen mot atmosfären på hela sin yta, så att alla frön på densamma förlora sin groddkraft. Dessutom äro meteoriterna sammansatta på ett helt annat sätt än ett brottstycke från en jorden liknande planets yta. Växterna utvecklas nästan uteslutande i de lösa jordlagren, och en jordklump, som folie ned i jordens atmosfär, skulle otvifvelaktigt af luftmotståndet splittras i en massa Småstycken, som hvart för sig skulle glödgas upp i form af ett stjärnskott och aldrig nå jordytan annat än i form af förbrändt stoft. En annan svårighet är den, att dylika kollisioner

hvilka man anser motsvara de s. k. nya stjärnornas uppblossande, äro rätt sällsynta företeelser, så att föga sannolikhet skulle förefinnas, att på detta sätt lefvande frön fördes fram till en bestämd plats sådan som jorden.

Emellertid har frågan kommit i ett vida gynnsammare läge, sedan man fick kännedom om strålningstrycket.

De kroppar, som skulle röna den största inverkan af solens strålningstryck, skulle enligt tysken Schwarzschilds beräkningar, om de vore klotrunda, ha en diameter af 0,00016 millim. Nu är frågan först: Finnas väl lefvande frön af denna utomordentliga litenhet? Därpå svara botanisterna, att de s. k. hvilsporerna af många bakterier ha en storlek af 0,0003 à 0,0002 millim. och det är intet tvifvel om att ännu mindre sådana finnas, oaktadt vi ej kunna upptäcka dem med mikroskopets hjälp. Så t. ex. äro otvifvelaktigt gula febern hos människor, vattuskräck hos hundar, mul- och klöfsjuka hos nötboskap, och den i nederländska Indien vanliga, och stundom äfven hos oss förekommande, mosaik-sjukan på tobaksblad bakteriesjukdomar, men de motsvarande bakterierna ha aldrig kunnat upptäckas, förmodligen på grund af deras litenhet och däraf följande osynlighet under mikroskopet.

Det är därför högst sannolikt, att lefvande organismer finnas, som äro så små, att strålningstrycket från solen skulle drifva dem ut i rymden, där de kunde väcka lif på planeter, som erbjöde dem gynnsam plats för deras utveckling. Vi vilja nu till en början göra en öfverslagsräkning huru det skulle gå, om en sådan mikroorganism frigjorde sig från jorden och drefves ut af solens strålningstryck i rymden. Den skulle då först passera Mars' bana, sedan småplaneternas och de yttre planeternas, samt slutligen, sedan den passerat den sista stationen i solsystemet vid Neptunbanan, drifvas bort i det oändliga mot andra solsystem. Det är ej svårt att beräkna de tider, som åtgå vid denna färd för de snabbast gående småkropparna. — Deras specifika vikt må sättas lika med

vattnets, hvilket rätt nära öfverensstämmer med verkligheten, så öfverskrida de Mars' bana redan efter 20 dygn, Jupiters bana efter 80 dygn och Neptunbanan efter 14 månader. Det närmaste solsystemet, Alfa Centauri, nås efter 9000 år. (Dessa beräkningar äro gjorda under förutsättning, att strålningstrycket öfverstiger tyngden vid solen 4 gånger, hvilket ungefär torde vara riktigt enligt Schwarzschilds beräkningar.)

Tiderna för uppnående af de olika planeterna i vårt solsystem äro ej större än, att det mycket väl kan tänkas, att lifsfröna i fråga behållit sin grobarhet under dem. Litet ogynnsammare ställa sig förhållandena för bibehållandet af grobarheten under tiden för transporten till närmaste solsystem. Men vi veta väl, att solarna röra sig i förhållande till hvarandra, och de stå därför ej alltid på samma afstånd från hvarandra. Man kan beräkna, att under förloppet af omkring en miljon år har någon stjärna sannolikt varit oss omkring 5 gånger närmare, än den som nu står oss närmast. — Då man uppskattar tiden för lefvande varelsers existens på jorden till minst hundra miljoner år, måste man säga, att det spelar en obetydlig roll, om en planet får vänta ett eller annat miljontal år efter, sedan den blifvit lämplig för bärande af lif, innan lifvet gör sitt intåg på densamma. — Vi få på detta sätt tiden för transport till närmaste stjärna reducerad till 1800 år. Man kan ju tvifla om bakteriesporers eller öfver hufvud taget fröns grobarhet håller sig så pass länge. Man har förr påstått, att sädeskorn, som funnits i egypternas grafkamrar, visat sig äga grobarhet. Men den nyktra kritiken har ådagalagt, att dessa uppgifter äro synnerligen tvifvelaktiga. På den sista tiden har en fransk forskare vid namn Baudoin uppgifvit, att han i en romersk graf från Troussepoil i Vendée, Frankrike, funnit sporer af en hel del bakterier, som otvifvelaktigt behållit sin grobarhet under 1800 år. I alla händelser synes denna uppgift ej vara orimlig. Bakteriefrön skulle således möjligen

kunna hålla sig grobara under transport från ett planetsystem till ett annat.

På vägen från vår planet skulle lifsfröna i fråga vara utsatta för starkt solljus under omkring 1 månad, och man

har ju visat att de starkast brytbara strålarna i solljuset döda bakterier och deras sporer på jämförelsevis kort tid. Emellertid ha de försök, som gjorts med sporer, vanligen anställts så, att sporerna haft tillfälle att gro på ett fuktigt underlag (Marshall-Wards undersökningar). Detta motsvarar alls icke förhållandet med sporer sväfvande i det interplanetariska världsrummet. Vidare har Roux visat, att mjältbrandssporer, som hastigt dödas af solljus vid fritt tillträde af luft, ej göra det om detta villkor borttages. Några sporer lida föga, om ens någon inverkan af belysning. Detta är enligt Duclaux' undersökningar exempelvis fallet med Tyrothrix scaber, som förekommer i mjölk, och som kan lefva bortåt 1 månad i intensivt solljus. Alla botanister, som jag rådfrågat angående denna sak, äro också af den meningen, att man ej med någon slags säkerhet kan påstå, att sporerna skulle förstöras af ljusstrålningen under deras vandring genom världsrymden.

Man kan vidare anmärka, att sporerna vid sin transport genom världsrymden under den ojämförligt längsta tiden äro utsatta för en oerhörd köld, hvilken de möjligen ej skulle uthärda. Då sporerna passera Neptunbanan har deras temperatur sjunkit ända till — 2200, och längre ut går den kanske ned ännu lägre. Under den sista tiden ha vid Jenner-institutet i London försök gjorts med bakteriesporer, som under 20 timmar höllos vid en temperatur af — 252° (i flytande vätgas). Deras grobarhet förstördes icke. Ännu längre gick prof. Macfayden i London, som visade, att mikroorganismer kunna hållas sex månader vid omkring — 2000 (i flytande luft) utan att förlora sin grobarhet. Enligt hvad man berättade mig vid mitt senaste besök i London, ha dylika försök utsträckts till ännu längre tider med samma resultat.

Det är ej otroligt att grobarheten håller sig mycket längre vid lägre temperaturer än vid de vanligen på jorden förekommande. Förlusten af grobarheten beror utan tvifvel på någon kemisk process och nästan alla kemiska processer gå ofantligt mycket långsammare vid låga än vid höga temperaturer. Lifsfunktionerna stegras ungefär i förhållandet 1 till 2.5, då temperaturen ökas med 10° C. Då sporerna hunnit Neptunbanan och deras temperatur sjunkit till — 220° C, skulle enligt denna beräkning lifsprocesserna pågå mer än en miljard gånger mindre intensivt än vid 10° C. Sporernas grobarhet skulle enligt denna beräkning vid — 2200 C. ej minskas mera under 3 miljoner år än på ett dygn vid 10° C. Det är därför alls icke osannolikt, att den starka kölden i världsrymden verkar, så att säga, i hög grad konserverande på de utslungade lifsfröna, så att de tåla mycket långvarigare transporter, än vi skulle förmoda enligt deras förhållande vid vanlig temperatur.

Om således sporerna af jordens minsta organismer väl kunde komma loss från jorden, så skulle de spridas åt alla håll utåt och hela universum skulle, så att säga, besås af dem. Men nu är frågan: huru kunna de komma ut från jorden mot tyngdens inverkan? Naturligtvis skulle så små och lätta kroppar föras med af luftströmmarna. En liten regndroppe af en femtiondedels millimeters diameter faller 4 centimeter i sekunden vid vanligt lufttryck. Härur är det lätt att beräkna, att en bakteriespor af 0,00016 millim. diameter skulle falla endast 83 meter på ett år. Det är tydligt, att dylika små partiklar fullkomligt måste följa luftströmmarna, ända till dess de komma upp i ytterst tunn luft. Af en luftström med 2 meters hastighet i sekunden skulle de kunna lyftas till en höjd, där lufttrycket endast vore 0,001 millimeter, eller till omkring 100 kilometers höjd. Men af luftströmmarna skulle de aldrig kunna flyttas ut ur atmosfären.

För att få sporerna att lyfta sig till ännu större höjd, måste

vi tillgripa andra krafter och det veta vi ju, att elektriska krafter kunna hjälpa oss ur nästan hvarje svårighet. På så stora höjder som 100 kilometer utveckla norrskenen sina strålande företeelser. Vi tro numera, att norrskenen bero på urladdningar af stora massor negativt elektriskt laddadt stoft, kommande från solen. Luften är på dennai höjd genomträngd af negativ elektrisk laddning. Om därför sporen i fråga vid en elektrisk urladdning mottager: negativ elektricitet från solstoftet, så kan han af de andra partiklarnas laddning drifvas ut i eterhafvet.

Vi antaga numera, att elektriska laddningar, liksom materien, ej kunna delas hur långt som hälst, utan att det finnes en minsta laddning, och denna har beräknats vara omkring 3,5.10-10 elektrostatiska enheter.

Det är ej svårt att beräkna, huru starkt elektriskt fält fordras, för att drifva upp en så laddad spor af 0,00016 millim. diameter mot tyngdkraften. Därtill behöfs endast ett elektriskt fält af 200 volt pr meter. Så starka

elektriska fält observeras ofta — nästan normalt — vid jordytan vid klar luft. Det elektriska fältet i norrskensregionen är sannolikt mycket kraftigare, och det är därför utan tvifvel fullt tillräckligt för att vidare ut i världsrymden mot tyngdkraftens verkan befordra de små elektriskt laddade sporer, som af luftströmmarna lyfts till denna region.

Det är sålunda sannolikt, att frön af de lägsta organismer, vi känna, beständigt strös ut från jorden och andra af dem bebodda planeter ut i världsrymden. Likasom frön i allmänhet, gå de ojämförligt flesta döden till mötes i den kalla, oändliga, världsrymden, men ett litet antal faller ned på andra himlakroppar och är i stånd att sprida lifvet till dessa, om de finna gynnsamma yttre villkor. I många fall inträffar detta icke, i andra fall åter falla de i god jordmån. Och om det också skulle dröja ett eller annat miljontal år emellan den tidpunkt, då en planet kan börja att härbärgera lif, och den, då det första fröet faller ned på densamma och spirar upp för att taga

densamma i besittning för det organiska lifvets räkning, så betyder denna tidrymd föga, jämförd med den tid, under hvilken lifvet på planeten är stadt i full blomstring.

De småfrön, som på detta sätt strös ut från de planeter, där deras föräldrar haft sitt hemvist, kunna nu antingen vandra fria genom rymden och, såsom ofvan antydts, nå utanför liggande planeter eller planetsystem kring andra stjärnor, eller också kunna de möta större stoftpartiklar, som störta in mot solen. I den del af zodiakalljuset, som kallas motskenet (»Gegenschein») och hvilket i tropikerna regelbundet, samt stundom hos oss, iakttages på den del af natthimlen, som ligger midt emot solen, se vi, enligt astronomernas åsikt, strömmar af fint stoft, som rusar in mot solen på grund af tyngdkraften (jfr. s. 120). Antag nu att ett småfrö af 0,00016 millim. diameter träffar ett dylikt stoftkorn, som är tusen gånger större d. v. s. har en diameter af 0,0016 millim. samt häftar vid dess yta, så föres småfröet af stoftkornet in emot solen och passerar därvid de inre planeternas banor samt kan falla ned i deras luftkrets. Dessa stoftkorn behöfva alls icke så särdeles långa tider för att passera från en planets bana till de andra planeternas. Om man antoge att deras begynnelsehastighet vore noll vid Neptunbanan — i hvilket fall fröet möjligen skulle härröra från en Neptunus-måne, ty Neptunus själf, likasom Uranus, Saturnus och Jupiter, är troligen ännu ej tillräckligt afsvalnad för att härbärgera lif — så skulle de nå Uranus' bana inom 21 och Mercurius' bana inom 29 år. Under motsvarande förhållanden (begynnelsehastighet noll) skulle dylika partiklar mellan Uranus' och Saturnus' bana tillbringa 12 år, mellan Saturnus' och Jupiters 4 år, mellan Jupiters och Mars' 2 år, mellan Mars' och jordens 84 dagar, mellan jordens och Venus' 40 dagar och mellan Venus' och Merkurius' banor 28 dagar.

Som man ser af dessa tidsvärden, skulle småfröna i fråga jämte de stoftkorn, vid hvilka de häfta,

kunna falla mot solen med 10 a 20 gånger mindre hastighet, utan att vi därför behöfde förutsätta att deras grobarhet skulle försvinna under transporten. Det vill med andra ord säga, om småfröna häftade fast vid partiklar, hvilkas vikt till 90 eller 95 procent motvägdes af strålningstrycket, skulle de kunna tämligen snart falla ned i de innanför liggande planeternas atmosfär, och detta med måttliga hastigheter, uppgående till några kilometer i sekunden. Det är lätt att beräkna, att om en dylik småpartikel vid nedfallandet hejdades i sin rörelse redan på en sekund, så skulle den på grund af den starka utstrålningen ej uppvärmas till mer än omkring 100 grader öfver omgifningens temperatur. En så hög temperatur kunna bakteriesporer godt uthålla, äfven för mycket längre tider än en sekund, utan att dödas. Sedan småpartikeln väl hejdats jämte det vid densamma häftande fröet, skulle den sakta sjunka eller af nedstigande luftströmmar föras ned till den nya planetens yta.

På detta sätt skulle lifvet, som vi se, hastigt föras från en punkt i ett planetsystem, där det fattat fäste, till andra för utveckling af lif gynsamma ställen inom samma planetsystem.

De småfrön, som ej infångats af dylika småpartiklar, skulle delvis föras in mot andra solsystem och slutligen skulle de hejdas af strålningstrycket från deras solar. De kunna ej tränga in längre än till punkter, där strålningstrycket är lika stort som vid deras utgångspunkt. Följaktligen skulle småfrön från jorden, hvilken ligger solen fem gånger så nära, som Jupiter gör det, också kunna tränga in fem gånger närmare till en annan sol, än småfrön från Jupiter.

I närheten af solarna, där småfröna på grund af strålningstrycket stanna och vända om ut i rymden, äger uppenbarligen en stark anhopning af dem rum. Planeterna, som beskrifva sina banor kring solarna, ha därför större sannolikhet att möta dem, än om de ej befunne sigi8i

i närheten af en sol. Fröna ha också förlorat de stora hastigheter, med hvilka de vandrat från det ena solsystemet till det andra, och värmas därför ej upp så starkt vid nedfallandet i den mötande planetens atmosfär, som de eljes skulle göra.

I solarnas närhet mötas småfröna, som där vända om ut mot världsrymden, af småpartiklar, hvilkas vikt något understiger deras bortdrift genom strålningstrycket, och hvilka därför återvända till solarna. Likasom småfröna bli dessa partiklar, af liknande grunder, koncentrerade i solarnas närhet. Småfröna kunna därför ha jämförelsevis stor sannolikhet att genom vidhäftning vid dylika småpartiklar hindras från att återvända ut i rymden, för att i stället föras in mot planeter, som ligga solen närmare.

På detta sätt kan lifvet sedan eviga tider hafva öfverförts från solsystem till solsystem eller från planet till planet inom samma solsystem. Men likasom bland de biljoner frömjölskorn, som från ett stort träd, t. ex. en tall, föras ut af vinden, i medeltal endast ett ger upphof till ett nytt träd, likaså kommer troligen endast ett bland de biljoner eller kanske triljoner små frön, som från en planet spridas i rymden genom strålningstrycket, att falla ned på en förut af lifvet obebodd planet, för att där ge upphof till en mångfald af lefvande väsen.

Slutligen finna vi, att, enligt denna version af läran om Panspermien, alla organiska varelser i hela universum äro besläktade och bestå af celler, uppbyggda af kol, väte, syre och kväfve. Fantasien om andra världar, bebodda af varelser, i hvilkas byggnad exempelvis kolet skulle vara ersatt af kisel eller titan, förefaller därefter ganska osannolik. Lifvet på andra bebodda världar rör sig sannolikt inom former, nära besläktade med dem, som vi finna på jorden.

Och så draga vi också den slutsatsen, att lifvet alltid måste börja på nytt från dess allra lägsta former, likasom hvarje individ för sig, huru rikt utvecklad han änmå vara, måste ha genomlupit alla utvecklingsstadier, ända från det som kännetecknas af den enkla cellen.

Alla dessa slutsatser stå i den bästa öfverensstämmelse med de allmänna egenskaper, som karaktärisera lifvet på jorden, och man kan därför ej förneka, att i denna form läran om Panspermien utmärkes af den genomgående harmoni, som utgör det viktigaste kännemärket på en kosmogonisk läras sannolikhet.

Det finnes föga sannolikhet för, att man skall kunna bevisa denna läras riktighet direkt genom att undersöka de småfrön, som falla ned ur luften. Ty de småfrön, som komma till jorden från andra världar, äro sannolikt försvinnande få till antal, kanske några stycken om året öfver hela jordytan. Och dessutom likna de förmodligen rätt mycket de encelliga sporer af jordiskt ursprung, hvilka i stora massor finnas sväfvande i luften, medförda af vindarna, så att deras »himmelska» härkomst blir svår eller omöjlig att bevisa, om de mot förmodan skulle anträffas af forskaren.